

# **Medidas para proteger al público en una emergencia debida a condiciones graves en un reactor de agua ligera**

FECHA EFECTIVA: MAYO DE 2013



**IAEA**

Organismo Internacional de Energía Atómica

## NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA Y PUBLICACIONES CONEXAS

### NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Con arreglo a lo dispuesto en el artículo III de su Estatuto, el OIEA está autorizado a establecer o adoptar normas de seguridad para proteger la salud y reducir al mínimo el peligro para la vida y la propiedad, y a disponer lo necesario para aplicar esas normas.

Las publicaciones mediante las cuales el OIEA establece las normas pertenecen a la ***Colección de Normas de Seguridad del OIEA***. Esta serie de publicaciones abarca la seguridad nuclear, radiológica, del transporte y de los desechos. Esta serie comprende las siguientes categorías: **Nociones Fundamentales de Seguridad, Requisitos de Seguridad y Guías de Seguridad**.

Para obtener información sobre el programa de normas de seguridad del OIEA puede consultarse el sitio del OIEA en Internet:

<http://www-ns.iaea.org/standards/>

En este sitio se encuentran los textos en inglés de las normas de seguridad publicadas y de los proyectos de normas. También figuran los textos de las normas de seguridad publicados en árabe, chino, español, francés y ruso, el Glosario de Seguridad del OIEA y un informe de situación sobre las normas de seguridad que están en proceso de elaboración. Para más información se ruega ponerse en contacto con el OIEA en la dirección: Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Viena (Austria).

Se invita a los usuarios de las normas de seguridad del OIEA a informar al Organismo sobre su experiencia en la utilización de las normas (por ejemplo, si se han utilizado como base de los reglamentos nacionales, para realizar exámenes de la seguridad o para impartir cursos de capacitación), con el fin de asegurar que sigan satisfaciendo las necesidades de los usuarios. Se puede hacer llegar la información a través del sitio del OIEA en Internet o por correo postal a la dirección anteriormente señalada, o por correo electrónico a la dirección: [Official.Mail@iaea.org](mailto:Official.Mail@iaea.org).

### PUBLICACIONES CONEXAS

El OIEA facilita la aplicación de las normas y, con arreglo a las disposiciones del artículo III y del artículo VIII.C de su Estatuto, pone a disposición información relacionada con las actividades nucleares pacíficas, fomenta su intercambio, y sirve de intermediario para ello entre sus Estados Miembros.

Los informes sobre seguridad en las actividades nucleares se publican como **Informes de Seguridad**, en los que se ofrecen ejemplos prácticos y métodos detallados que se pueden utilizar en apoyo de las normas de seguridad.

Existen asimismo otras publicaciones del OIEA relacionadas con la seguridad, como las relativas a la **preparación y respuesta para casos de emergencia**, los **informes sobre evaluación radiológica**, los **informes del INSAG** (Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear), los **Informes Técnicos**, y los **documentos TECDOC**. El OIEA publica asimismo informes sobre accidentes radiológicos, manuales de capacitación y manuales prácticos, así como otras obras especiales relacionadas con la seguridad.

Las publicaciones relacionadas con la seguridad física aparecen en la ***Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA***.

La ***Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA*** comprende publicaciones de carácter informativo destinadas a fomentar y facilitar la investigación, el desarrollo y la aplicación práctica de la energía nuclear con fines pacíficos. Incluye informes y guías sobre la situación y los adelantos de las tecnologías, así como experiencias, buenas prácticas y ejemplos prácticos en relación con la energía nucleoelectrónica, el ciclo del combustible nuclear, la gestión de desechos radiactivos y la clausura.

**MEDIDAS PARA PROTEGER AL PÚBLICO  
EN UNA EMERGENCIA DEBIDA A  
CONDICIONES GRAVES EN UN  
REACTOR DE AGUA LIGERA**



Los siguientes Estados son Miembros del Organismo Internacional de Energía Atómica:

AFGANISTÁN	FEDERACIÓN DE RUSIA	OMÁN
ALBANIA	FIJI	PAÍSES BAJOS
ALEMANIA	FILIPINAS	PAKISTÁN
ANGOLA	FINLANDIA	PALAU
ANTIGUA Y BARBUDA	FRANCIA	PANAMÁ
ARABIA SAUDITA	GABÓN	PAPUA NUEVA GUINEA
ARGELIA	GEORGIA	PARAGUAY
ARGENTINA	GHANA	PERÚ
ARMENIA	GRECIA	POLONIA
AUSTRALIA	GUATEMALA	PORTUGAL
AUSTRIA	GUYANA	QATAR
AZERBAIYÁN	HAITÍ	REINO UNIDO DE
BAHAMAS	HONDURAS	GRAN BRETAÑA E
BAHREIN	HUNGRÍA	IRLANDA DEL NORTE
BANGLADESH	INDIA	REPÚBLICA ÁRABE SIRIA
BARBADOS	INDONESIA	REPÚBLICA
BELARÚS	IRÁN, REPÚBLICA	CENTROAFRICANA
BÉLGICA	ISLÁMICA DEL	REPÚBLICA CHECA
BELICE	IRAQ	REPÚBLICA DE MOLDOVA
BENIN	IRLANDA	REPÚBLICA DEMOCRÁTICA
BOLIVIA, ESTADO	ISLANDIA	DEL CONGO
PLURINACIONAL DE	ISLAS MARSHALL	REPÚBLICA DEMOCRÁTICA
BOSNIA Y HERZEGOVINA	ISRAEL	POPULAR LAO
BOTSWANA	ITALIA	REPÚBLICA DOMINICANA
BRASIL	JAMAICA	REPÚBLICA UNIDA
BRUNEI DARUSSALAM	JAPÓN	DE TANZANÍA
BULGARIA	JORDANIA	RUMANIA
BURKINA FASO	KAZAJSTÁN	RWANDA
BURUNDI	KENYA	SAN MARINO
CAMBOYA	KIRGUISTÁN	SANTA SEDE
CAMERÚN	KUWAIT	SENEGAL
CANADÁ	LESOTHO	SERBIA
CHAD	LETONIA	SEYCHELLES
CHILE	LÍBANO	SIERRA LEONA
CHINA	LIBERIA	SINGAPUR
CHIPRE	LIBIA	SRI LANKA
COLOMBIA	LIECHTENSTEIN	SUDÁFRICA
CONGO	LITUANIA	SUDÁN
COREA, REPÚBLICA DE	LUXEMBURGO	SUECIA
COSTA RICA	MADAGASCAR	SUIZA
CÔTE D'IVOIRE	MALASIA	SWAZILANDIA
CROACIA	MALAWI	TAILANDIA
CUBA	MALÍ	TAYIKISTÁN
DINAMARCA	MALTA	TOGO
DJIBOUTI	MARRUECOS	TRINIDAD Y TABAGO
DOMINICA	MAURICIO	TÚNEZ
ECUADOR	MAURITANIA	TURKMENISTÁN
EGIPTO	MÉXICO	TURQUÍA
EL SALVADOR	MÓNACO	UCRANIA
EMIRATOS ÁRABES UNIDOS	MONGOLIA	UGANDA
ERITREA	MONTENEGRO	URUGUAY
ESLOVAQUIA	MOZAMBIQUE	UZBEKISTÁN
ESLOVENIA	MYANMAR	VANUATU
ESPAÑA	NAMIBIA	VENEZUELA, REPÚBLICA
ESTADOS UNIDOS	NEPAL	BOLIVARIANA DE
DE AMÉRICA	NICARAGUA	VIET NAM
ESTONIA	NÍGER	YEMEN
ETIOPÍA	NIGERIA	ZAMBIA
EX REPÚBLICA YUGOSLAVA	NORUEGA	ZIMBABWE
DE MACEDONIA	NUEVA ZELANDIA	

El Estatuto del Organismo fue aprobado el 23 de octubre de 1956 en la Conferencia sobre el Estatuto del OIEA celebrada en la Sede de las Naciones Unidas (Nueva York); entró en vigor el 29 de julio de 1957. El Organismo tiene la Sede en Viena. Su principal objetivo es “acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero”.

MEDIDAS PARA PROTEGER AL PÚBLICO  
EN UNA EMERGENCIA DEBIDA A  
CONDICIONES GRAVES EN UN  
REACTOR DE AGUA LIGERA

## **DERECHOS DE AUTOR**

Todas las publicaciones científicas y técnicas del OIEA están protegidas en virtud de la Convención Universal sobre Derecho de Autor aprobada en 1952 (Berna) y revisada en 1972 (París). Desde entonces, la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (Ginebra) ha ampliado la cobertura de los derechos de autor que ahora incluyen la propiedad intelectual de obras electrónicas y virtuales. Para la utilización de textos completos, o parte de ellos, que figuren en publicaciones del OIEA, impresas o en formato electrónico, deberá obtenerse la correspondiente autorización, y por lo general dicha utilización estará sujeta a un acuerdo de pago de regalías. Se aceptan propuestas relativas a reproducción y traducción sin fines comerciales, que se examinarán individualmente. Las solicitudes de información deben dirigirse a la Sección Editorial del OIEA:

Dependencia de Mercadotecnia y Venta  
Sección Editorial  
Organismo Internacional de Energía Atómica  
Vienna International Centre  
PO Box 100  
1400 Viena (Austria)  
fax: +43 1 2600 29302  
tel.: +43 1 2600 22417  
correo electrónico: [sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org)  
<http://www.iaea.org/books>

Para obtener más información sobre esta publicación, diríjase a:

Centro de Respuesta a Incidentes y Emergencias  
Organismo Internacional de Energía Atómica  
Vienna International Centre  
PO Box 100  
1400 Viena, Austria  
Correo electrónico: [official.mail@iaea.org](mailto:official.mail@iaea.org)

MEDIDAS PARA PROTEGER AL PÚBLICO EN UNA EMERGENCIA  
DEBIDA A CONDICIONES GRAVES EN UN REACTOR DE AGUA LIGERA  
OIEA, VIENA, 2016  
OIEA-EPR  
© OIEA, 2016  
Impreso por el OIEA en Austria  
Junio de 2016

## PRÓLOGO

De conformidad con el artículo 5.a.ii) de la Convención sobre Asistencia en Caso de Accidente Nuclear o Emergencia Radiológica (la “Convención sobre Asistencia”), una función del OIEA consiste en acopiar y difundir entre los Estados Partes y los Estados Miembros información acerca de las metodologías, las técnicas y los resultados de investigación disponibles en materia de respuesta a accidentes nucleares o emergencias radiológicas. La presente publicación tiene la finalidad de ayudar a cumplir en parte estas funciones asignadas al OIEA en la Convención sobre Asistencia.

El objetivo de esta publicación es facilitar la comprensión de las medidas que son necesarias para proteger al público entre los responsables de adoptar decisiones y aplicarlas en el caso de una emergencia que entrañe daños graves en un reactor de agua ligera. La publicación sirve de base para elaborar en la etapa de preparación los instrumentos y criterios necesarios para adoptar medidas protectoras y otras medidas de respuesta ante esa emergencia.

El presente documento aplica los principios de seguridad enunciados en la publicación N° SF-1 de la *Colección de Normas de Seguridad del OIEA, Principios fundamentales de seguridad*, y ayudará a los Estados Miembros a cumplir los requisitos establecidos en la publicación N° GS-R-2 de la *Colección de Normas de Seguridad del OIEA, Preparación y respuesta para casos de emergencia nuclear o radiológica*. La aplicación de estos requisitos reducirá al mínimo las consecuencias para las personas y el medio ambiente en cualquier emergencia nuclear o radiológica. Estas orientaciones deben adaptarse a las disposiciones institucionales, idiomas, terminología, concepto de explotación y capacidad de los Estados.

En su resolución GC(55)/RES/9, la Conferencia General:

“Destaca la importancia de que todos los Estados Miembros apliquen mecanismos de preparación y respuesta para casos de emergencia y elaboren medidas de mitigación a nivel nacional, que sean compatibles con las normas de seguridad del Organismo, a fin de mejorar la preparación y respuesta para casos de emergencia, facilitar la comunicación en un caso de emergencia y contribuir a la armonización de los criterios nacionales en relación con medidas protectoras y otras medidas”.

Esta publicación se presenta en la *Colección Preparación y Respuesta para Casos de Emergencia*. En ella se tiene en cuenta la experiencia adquirida en las respuestas a emergencias anteriores, incluidas las enseñanzas derivadas del accidente ocurrido en la central nuclear de Fukushima Daiichi de la Tokyo Electric Power Company en el Japón en 2011, y de la información de investigaciones, y se trata de garantizar la coherencia con la publicación N° GS-R-2 de la *Colección de Normas de Seguridad del OIEA*.

El funcionario del OIEA encargado de esta publicación fue T. McKenna del Centro de Respuesta a Incidentes y Emergencias, Departamento de Seguridad Tecnológica y Física Nuclear.

#### *NOTA EDITORIAL*

*Esta publicación (incluidas las figuras, cuadros y referencias) ha sido objeto solo de los mínimos cambios de edición considerados necesarios para facilitar su lectura.*

*Las opiniones expresadas no reflejan necesariamente las del OIEA, las de los gobiernos de los Estados Miembros proponentes o las de las organizaciones proponentes.*

*El uso de determinadas denominaciones de países o territorios no implica juicio alguno por parte de la entidad editora, el OIEA, sobre la situación jurídica de esos países o territorios, sus autoridades e instituciones o la delimitación de sus fronteras.*

*La mención de nombres de empresas o productos específicos (se indiquen o no como registrados) no implica ninguna intención de violar derechos de propiedad ni debe interpretarse como una aprobación o recomendación por parte del OIEA.*

*Corresponde a los autores obtener la autorización necesaria para que el OIEA reproduzca, traduzca o utilice material de fuentes que ya estén protegidas por derechos de propiedad intelectual.*



## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Objetivo.....	3
1.3. Alcance.....	4
1.4. Estructura .....	4
2. CONCEPTOS GENERALES .....	5
2.1. Ejemplo de concepto de las operaciones .....	5
2.2. Resumen de medidas protectoras y otras medidas de respuesta en relación con el ejemplo de respuesta .....	7
2.3. Medidas de respuesta para las personas potencialmente expuestas .....	12
2.4. Instrumentos para apoyar la adopción de decisiones sobre las medidas protectoras ....	12
2.5. Respuesta a otras emergencias.....	14
3. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS .....	15
4. ZONAS Y DISTANCIAS DE EMERGENCIA FUERA DEL EMPLAZAMIENTO .....	20
5. MEDIDAS PROTECTORAS URGENTES, MEDIDAS PROTECTORAS INICIALES Y OTRAS MEDIDAS DE RESPUESTA.....	24
5.1. Profilaxis con yodo de la tiroides.....	26
5.2. Evacuación.....	26
5.3. Alojamiento en refugios.....	27
5.4. Realojamiento .....	28
5.5. Prevención de la ingestión accidental .....	29
5.6. Descontaminación de las personas.....	29
5.7. Restricciones de alimentos, leche y agua potable .....	30
5.8. Identificación y control médico de las personas expuestas.....	31
5.8.1. Efectos graves para la salud .....	31
5.8.2. Examen, consulta y tratamiento médicos inmediatos.....	32
5.8.3. Seguimiento médico .....	32
5.9. Protección de los intereses comerciales internacionales .....	33
5.10. Detención o relajamiento de las medidas de respuesta .....	33
6. MONITORIZACIÓN Y COMPARACIÓN CON LOS NIVELES DE INTERVENCIÓN OPERACIONALES.....	35
6.1. Niveles de intervención operacionales.....	36
6.1.1. NIO1, NIO2 y NIO3 para las tasas de dosis por deposición en el suelo .....	36
6.1.2. NIO4 para la tasa de dosis en la piel .....	38
6.1.3. NIO7 para las concentraciones de radionucleidos marcadores <sup>131</sup> I y <sup>137</sup> CS en alimentos, leche y agua potable .....	39
6.1.4. NIO8 para tasa de dosis en la tiroides .....	39

6.2.	Explicaciones sencillas de los NIO.....	40
6.2.1.	Explicación sencilla del NIO1.....	40
6.2.2.	Explicación sencilla del NIO2.....	41
6.2.3.	Explicación sencilla del NIO3.....	41
6.2.4.	Explicación sencilla del NIO4.....	42
6.2.5.	Explicación sencilla del NIO7.....	42
6.2.6.	Explicación sencilla del NIO8.....	43
6.3.	Contaminación y puntos activos.....	43
6.3.1.	Contaminación.....	43
6.3.2.	Puntos activos.....	43
6.3.3.	Pautas de deposición.....	43
6.4.	Determinación de los lugares en que se rebasan los NIO por deposición en el suelo ..	46
6.5.	Presentación de los resultados de la monitorización en mapas.....	47
7.	COMUNICACIÓN CON EL PÚBLICO Y LOS ENCARGADOS DE ADOPTAR DECISIONES .....	50
7.1.	Información para el público y los encargados de adoptar decisiones.....	50
7.2.	Ayuda al público y los encargados de adoptar decisiones a comprender lo que es seguro .....	50
7.2.1.	¿Por qué es importante definir lo que es seguro? .....	50
7.2.2.	Definición de lo que es seguro y puesta en perspectiva del peligro radiológico para la salud .....	51
7.3.	Cantidades operacionales medidas en perspectiva.....	53
7.3.1.	Relación de las cantidades operacionales medidas con el peligro radiológico para la salud .....	53
7.3.2.	Gráficos para situar en perspectiva el peligro radiológico para la salud en función de las cantidades operacionales medidas .....	54
7.3.3.	Uso de gráficos para las cantidades operacionales medidas.....	55
7.4.	Errores comunes cometidos en el uso de las cantidades medidas o las dosis calculadas para situar en perspectiva los peligros para salud.....	69
7.5.	La dosis en perspectiva .....	72
7.5.1.	Relación de las dosis calculadas con el peligro radiológico para la salud.....	72
7.5.2.	Por qué la dosis efectiva no puede emplearse para situar en perspectiva el peligro radiológico para la salud.....	72
7.5.3.	Gráficos para situar en perspectiva los peligros para la salud en función de una dosis calculada .....	73
7.5.4.	Uso de gráficos para la dosis.....	75
8.	APLICACIÓN.....	81
8.1.	Aplicación provisional .....	81
8.2.	Cambios de las orientaciones en comparación con publicaciones anteriores .....	86
	APÉNDICE I BASE PARA DETERMINAR EL TAMAÑO SUGERIDO DE LAS ZONAS Y DISTANCIAS DE EMERGENCIA Y LAS MEDIDAS PROTECTORAS APLICABLES EN ELLAS .....	87
I.1.	Zona de medidas precautorias (ZMP) y zona de planificación de medidas protectoras urgentes (ZPU).....	87
I.1.1.	Base dosimétrica para determinar el tamaño de la ZMP.....	88
I.1.2.	Base dosimétrica para determinar el tamaño de la ZPU .....	88

I.1.3. Cálculos del tamaño de la zona .....	89
I.2. Resultados de los cálculos .....	91
I.2.1. ZMP .....	91
I.2.2. ZPU .....	94
I.2.3. Determinación del tamaño de las zonas de emergencia teniendo en cuenta las condiciones locales específicas del emplazamiento .....	95
I.3. Otros análisis en apoyo del tamaño de las zonas .....	97
I.4. Distancia de planificación ampliada (DPA) .....	100
I.5. Distancia de planificación aplicable a la ingestión y los productos básicos (DPIP)...	101
 APÉNDICE II DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES DE INTERVENCIÓN OPERACIONALES POR DEFECTO .....	103
II.1. Reseña general .....	103
II. 2. Descripción de los NIO.....	106
II.2.1. Descripción del NIO1 y el NIO2 .....	106
II.2.2. Descripción del NIO3 .....	108
II.2.3. Descripción del NIO4 .....	109
II.2.4. Descripción del NIO7 .....	110
II.2.5. Descripción del NIO8 .....	112
 APÉNDICE III SISTEMA PARA SITUAR EN PERSPECTIVA EL PELIGRO RADIOLÓGICO PARA LA SALUD.....	113
III.1. Niveles .....	113
III.2. Base dosimétrica .....	113
III.2.1 posiblemente peligroso para la salud (rojo).....	115
III.2.2 preocupaciones por la salud (naranja) .....	115
III.2.3 provisionalmente seguro (amarillo) y seguro (verde).....	116
III.3. Sistema para situar en perspectiva las cantidades operacionales medidas.....	116
III.4. Sistema para situar en perspectiva las dosis calculadas .....	117
 APÉNDICE IV FORMULARIO DE REGISTRO.....	119
 APÉNDICE V PREGUNTAS Y PREOCUPACIONES TÍPICAS DEL PÚBLICO EN UN ACCIDENTE NUCLEAR O EMERGENCIA RADIOLÓGICA.....	121
 REFERENCIAS .....	123
DEFINICIONES .....	127
ABREVIACIONES Y SÍMBOLOS.....	131
COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y EL EXAMEN .....	133



## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Fases que deben seguirse durante un suceso que pueda causar daños graves del combustible del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor (emergencia general).....	11
Fig. 2. Secuencia de sucesos conducentes a una emisión de material radiactivo a la atmósfera que justifica medidas protectoras fuera del emplazamiento.....	19
Fig. 3. Zonas y distancias de emergencia.....	22
Fig. 4. Ejemplo de establecimiento de confines para la ZMP y la ZPU.....	23
Fig. 5. Ejemplo de una ZMP o una ZPU en cuyo confin se excluye una ciudad para posibilitar una rápida evacuación.....	23
Fig. 6. Puntos activos a más de 50 km de la central nuclear de Chernóbil que hicieron necesario el realojamiento.....	44
Fig. 7. Deposición de $^{137}\text{Cs}$ tras el accidente de Chernóbil. De conformidad con los criterios genéricos internacionales, las zonas rojas pueden justificar el realojamiento y todas las zonas coloreadas pueden justificar la restricción del consumo y distribución de productos locales, productos silvestres (por ejemplo, setas y caza), leche de animales que pastan en la zona, agua de lluvia o piensos.....	45
Fig. 8. Deposición de $^{137}\text{Cs}$ después de la emisión de la central nuclear de Fukushima Daiichi.....	45
Fig. 9. Puntos activos locales indicados en rojo.....	46
Fig. 10. Ejemplo de aplicación del NIOI cuando se dispone de datos limitados.....	47
Fig. 11. Ejemplo de mapa de tasa de dosis en el suelo medida por reconocimiento aéreo.....	48
Fig. 12. Ejemplo de leyenda de mapa de tasa de dosis en el suelo.....	49
Fig. 13. Ejemplo de notas y avisos consignados en mapas de resultados de la monitorización.....	49
Fig. 14. Sistema para situar en perspectiva el peligro radiológico para la salud asociado con las condiciones especificadas y el comportamiento del público durante una emergencia nuclear o radiológica para la comunicación con el público y los encargados de adoptar decisiones.....	52
Fig. 15. Medidas necesarias para situar en perspectiva el peligro radiológico para la salud en función de las cantidades operacionales medidas.....	54
Fig. 16. Medidas necesarias para situar en perspectiva el peligro radiológico para la salud en función de la dosis calculada.....	73
Fig. 17. Tasa de emisión supuesta en función del tiempo para el I 131.....	90
Fig. 18. Dosis absorbida ponderada por la EBR en la médula roja ( $DA_{\text{médula roja}}$ ) por radiactividad de la nube, inhalación e irradiación del suelo sin lluvia en un día.....	92
Fig. 19. Dosis absorbida ponderada por la EBR en la médula roja ( $DA_{\text{médula roja}}$ ) por radiactividad de la nube, inhalación e irradiación del suelo con lluvia en un día.....	93
Fig. 20. Dosis absorbida ponderada por la EBR en el feto por inhalación ( $DA_{\text{feto, inh}}$ ) después de tomar un agente bloqueador de la tiroides.....	93
Fig. 21. Dosis absorbida ponderada por la EBR en el feto por inhalación ( $DA_{\text{feto, inh}}$ ) sin tomar un agente bloqueador de la tiroides durante el alojamiento en refugios.....	94
Fig. 22. Dosis efectiva por inhalación ( $E_{\text{inh}}$ ).....	94
Fig. 23. Dosis equivalente en el feto por inhalación ( $H_{\text{feto, inh}}$ ) después de tomar un agente bloqueador de la tiroides.....	95
Fig. 24. Concentración en el penacho en relación con la concentración registrada a 0,5 km en condiciones meteorológicas típicas (estabilidad D) en función de la distancia de recorrido del penacho desde el lugar de emisión.....	96

Fig. 25. Tamaño de zona aproximado en que se deberían aplicar medidas protectoras y su relación con la distancia a que se encuentra el confin de la zona de la central. ....	96
Fig. 26. Dosis absorbida ponderada por la EBR en el feto por inhalación ( $DA_{feto,inh}$ ) proyectada sin tomar un agente bloqueador de la tiroides durante el refugio en una casa para emisiones de centrales con diferentes niveles de potencia. ....	97
Fig. 27. Probabilidad de superar una dosis absorbida ponderada por la EBR de 2,0 Gy en la médula roja en relación con diversas medidas protectoras suponiendo la fusión del núcleo y un fallo inicial de la contención de una central nuclear de aproximadamente 3000 MW(t). ....	99
Fig. 28. Probabilidad de que se supere una dosis absorbida ponderada por la EBR de 0,5 Gy en la médula roja en relación con diversas medidas protectoras suponiendo la fusión del núcleo y un fallo inicial de la contención de una central nuclear de aproximadamente 3000 MW(t). ....	100
Fig. 29. Vías de exposición importantes por residir en una zona afectada que se toman en cuenta al establecer el NIO1 y el NIO2. ....	106
Fig. 30. Base para la selección del NIO1 por defecto. La zona gris muestra las tasas de dosis calculadas para las distintas mezclas de emisión en función del tiempo después de la parada que cumplen los criterios genéricos para establecer el NIO1. La línea punteada indica el NIO1 por defecto seleccionado. ....	107
Fig. 31. Base para la selección del NIO2 por defecto. La zona gris muestra las tasas de dosis calculadas para las distintas mezclas de emisión en función del tiempo después de la parada que cumplen los criterios genéricos para establecer el NIO2. La línea punteada indica el NIO2 por defecto seleccionado. ....	107
Fig. 32. Vías de exposición por ingestión importantes que se toman en cuenta al establecer el NIO3. ....	109
Fig. 33. Base para la selección del NIO3 por defecto. La zona gris muestra las tasas de dosis calculadas para las distintas mezclas de emisión en función del tiempo después de la parada que cumplen los criterios genéricos para establecer el NIO3. La línea punteada indica el NIO3 por defecto seleccionado. ....	109
Fig. 34. Vías de exposición importantes a material radiactivo en la piel que se toman en cuenta al establecer el NIO4 por defecto. ....	110
Fig. 35. Base para la selección del NIO4 por defecto. La zona gris muestra las tasas de dosis calculadas para las distintas mezclas de emisión en función del tiempo después de la parada que cumplen los criterios genéricos para establecer el NIO4. La línea punteada indica el NIO4 por defecto seleccionado. ....	110
Fig. 36. Base para la selección del NIO7 por defecto para el $^{131}\text{I}$ . La zona gris muestra la concentración del radionucleido marcador $^{131}\text{I}$ que cumple los criterios genéricos para establecer el NIO7. La línea punteada muestra el NIO7 por defecto seleccionado para la concentración del radionucleido marcador $^{131}\text{I}$ . ....	111
Fig. 37. Base para la selección del NIO7 por defecto para el $^{137}\text{Cs}$ . La zona gris muestra la concentración del radionucleido marcador $^{137}\text{Cs}$ que cumple los criterios genéricos para establecer el NIO7. La línea punteada muestra el NIO7 por defecto para la concentración del radionucleido marcador $^{137}\text{Cs}$ . ....	112
Fig. 38. Dosis umbral ( $DA_{05}$ ) de exposición externa letal en la médula roja letales y de exposición externa letal en el feto en función de la tasa de dosis. ....	115



## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de las clases de emergencias .....	16
Cuadro 2. Descripción de las zonas y distancias de emergencia .....	21
Cuadro 3. Tamaños sugeridos para las zonas y distancias de emergencia.....	22
Cuadro 4. Medidas protectoras urgentes y otras medidas de respuesta para el público en una emergencia general .....	25
Cuadro 5. Definición de las personas que serán objeto de seguimiento médico .....	32
Cuadro 6. Plazo de terminación y propósito de la monitorización del NIO1, el NIO2 y el NIO3 .....	36
Cuadro 7. NIO1, NIO2 y NIO3 por defecto para las tasas de dosis por deposición en el suelo .....	37
Cuadro 8. NIO4 por defecto para las tasas de dosis en la piel .....	38
Cuadro 9. NIO7 por defecto para las concentraciones de marcadores I 131 y CS 137 en alimentos, leche y agua potable .....	39
Cuadro 10. NIO8 por defecto para la tasa de dosis en la tiroides .....	40
Cuadro 11. Descripción del sistema aplicable para situar en perspectiva el peligro radiológico para la salud asociado a las condiciones especificadas y al comportamiento del público durante una emergencia nuclear o radiológica.....	53
Cuadro 12. Aplicabilidad de los gráficos de cantidades medidas .....	55
Cuadro 13. Conversiones de las unidades que se utilizan con más frecuencia en los gráficos.....	56
Cuadro 14. Prefijos del sistema internacional utilizados frecuentemente.....	56
Cuadro 15. Errores comunes cometidos en la evaluación de los peligros radiológicos para la salud .....	70
Cuadro 16. Dosis que deben considerarse al evaluar los posibles peligros radiológicos para la salud y situarlos en perspectiva después de la emisión del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor.....	74
Cuadro 17. Lista de verificación de recursos mínimos para la respuesta .....	82
Cuadro 18. Realidades de una respuesta.....	84
Cuadro 19. Criterios dosimétricos aplicados para determinar el tamaño de las zonas de emergencia.....	88
Cuadro 20. Características de las emisiones .....	89
Cuadro 21. Condiciones meteorológicas .....	90
Cuadro 22. Factores de reducción de dosis en relación con el comportamiento del público.....	91
Cuadro 23. Criterios genéricos aplicables a las medidas protectoras iniciales destinadas a reducir el riesgo de efectos estocásticos .....	101
Cuadro 24. Descripción resumida de los nio por defecto .....	104
Cuadro 25. Criterios dosimétricos aplicados para definir los niveles de peligro para la salud de una emisión procedente del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor .....	114
Cuadro 26. Dosis que indican distintos niveles de peligros para la salud mencionados en el gráfico 5.....	117
Cuadro 27. Cómo la dosis absorbida ponderada por la ebr se relaciona con la dosis equivalente en la tiroides y el feto en una emisión procedente del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor para indicar las dosis que son “posiblemente peligrosas para la salud” .....	117



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Peligro para la salud por residir en una zona afectada tras una emisión procedente de un reactor o una piscina de combustible gastado de un LWR o RBMK en función de la tasa de dosis. ....	57
Gráfico 2. Peligro para la salud por contaminación en la piel tras una emisión procedente de un reactor o una piscina de combustible gastado de un LWR o RBMK en función de la tasa de dosis. ....	59
Gráfico 3A. Peligro para la salud por el consumo durante <b>un día</b> de alimentos, leche o agua potable afectados tras una emisión procedente de un reactor o una piscina de combustible gastado de un LWR o RBMK en función de la concentración del marcador Cs 137. ....	61
Gráfico 3B. Peligro para la salud por el consumo durante <b>un día</b> de alimentos, leche o agua potable afectados tras una emisión procedente de un reactor o una piscina de combustible gastado de un LWR o RBMK en función de la concentración del marcador I 131. ....	63
Gráfico 4A. Peligro para la salud por el consumo durante <b>un año</b> de alimentos, leche o agua potable afectados tras una emisión procedente de un reactor o una piscina de combustible gastado de un LWR o RBMK en función de la concentración del marcador Cs 137. ....	65
Gráfico 4B. Peligro para la salud por el consumo durante <b>un año</b> de alimentos, leche o agua potable afectados tras una emisión procedente de un reactor o una piscina de combustible gastado de un LWR o RBMK en función de la concentración del marcador I 131. ....	67
Gráfico 5. Peligro en perspectiva para la salud de la dosis en órganos calculada después de una emisión procedente de un reactor o una piscina de combustible gastado de un LWR o RBMK. ....	77
Gráfico 6. Evaluación de la dosis efectiva calculada después de una emisión procedente de un reactor o una piscina de combustible gastado de un LWR o RBMK. ....	79



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. ANTECEDENTES

Una emergencia en una central nuclear causante de daños del combustible en el núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor puede provocar la muerte, efectos graves en la salud<sup>1</sup> y efectos psicológicos, así como consecuencias económicas y sociológicas que afecten al público. Estos efectos pueden prevenirse o mitigarse aplicando con prontitud medidas protectoras y otras medidas de respuesta.

Los materiales radiactivos del combustible dañado liberados a la atmósfera forman un penacho. En las emergencias más graves, este penacho posiblemente cause lesiones y muertes a las pocas horas de una emisión para quienes se encuentren a unos 2 a 5 km de la central nuclear si no se adoptan medidas protectoras. Esas lesiones se producirían por la inhalación de material radiactivo del penacho y la exposición externa a ese material, o por la exposición a la radiación emitida por el material radiactivo depositado en el suelo. Para prevenirlas con más eficacia, es necesario que las medidas protectoras se adopten antes de la llegada del penacho y que, por tanto, se pongan en marcha cuando se detecten condiciones graves<sup>2</sup> en la central y no se retrasen hasta que se puedan obtener los resultados de la monitorización ambiental. Más lejos de la central nuclear, a unos 15 a 30 km, la inhalación de material radiactivo del penacho podría incrementar las tasas de cáncer. Asimismo, para impedir con más eficacia estos tipos de cáncer, las medidas protectoras deben adoptarse antes de la llegada del penacho y, en consecuencia, no pueden aplicarse en función de la monitorización ambiental.

La eficacia de las medidas protectoras depende de su pronta aplicación: en primer lugar, para quienes se encuentren a una distancia de 3 a 5 km de la central nuclear, y después para quienes se encuentren a una distancia de 15 a 30 km, cuando se detecten condiciones en la central que originen daños graves para el combustible del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor. Actuar con prontitud significa actuar *antes* del comienzo de una emisión grave<sup>3</sup>. Es imposible prever cuándo se producirá una emisión, de modo que para que las medidas de protección del público sean más eficaces, estas deben adoptarse en las inmediaciones de la central nuclear tan pronto se superen los criterios predeterminados que indiquen que han ocurrido u ocurrirán daños del combustible en el núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor. El explotador debería recibir aviso al menos varias horas con antelación y, posiblemente, varios días antes de una emisión grave, lo que le permitiría adoptar medidas protectoras antes de la emisión.

Si los encargados de adoptar decisiones fuera del emplazamiento<sup>4</sup> no actúan con rapidez y aplican medidas protectoras urgentes (por ejemplo, la evacuación o la administración de un agente bloqueador de la tiroides) en el momento en que los operadores de la central les notifican la detección de condiciones que podrían provocar daños del combustible nuclear, se producirían efectos graves para la salud que podrían evitarse. En esas circunstancias no habría tiempo para reunirse y decidir qué hacer. En el apéndice I se analiza la necesidad de adoptar medidas con prontitud para prevenir o mitigar efectos graves en la salud<sup>1</sup> del público. No obstante, solo deben adoptarse medidas protectoras cuando sea seguro hacerlo y no se ponga en peligro la vida de las personas que sean evacuadas<sup>5</sup> o realojadas, incluso las que se encuentren en instalaciones especiales (por ejemplo, pacientes en cuidados intensivos en hospitales o personas en centros de asistencia).

---

<sup>1</sup> Los “efectos graves para la salud” son los efectos deterministas y los efectos estocásticos graves, es decir, los cánceres radioinducidos.

<sup>2</sup> Condiciones graves son sucesos en la central nuclear que dan lugar a la clasificación de “emergencia general” (véase la sección 3).

<sup>3</sup> Una emisión “grave” es una emisión de partículas que justifica medidas protectoras urgentes fuera del emplazamiento.

<sup>4</sup> Personas fuera del emplazamiento con autoridad y responsabilidad para de inmediato aplicar medidas para proteger al público sin más consulta.

<sup>5</sup> Como se examina en la sección 5.2, las evacuaciones no deben demorarse por el hecho de que una emisión esté en curso siempre que puedan realizarse con seguridad.

La emisión también podría causar la deposición de material radiactivo y dar origen a puntos activos<sup>6</sup> al cabo de varios días o semanas en que la dosis de las personas que se encuentren en la zona rebase los criterios genéricos internacionales [1] por los que se justifican medidas protectoras para reducir el riesgo de cánceres radioinducidos (es decir, efectos estocásticos). Ello sería sobre todo preocupante a una distancia de 50 a 100 km de la central nuclear. En consecuencia, tras la emisión de materiales radiactivos es preciso realizar una monitorización para detectar los puntos activos<sup>6</sup> que justifican la evacuación en un día y el realojamiento en una semana a un mes. Los resultados de la monitorización deberán compararse con los niveles de intervención operacionales (NIO) por defecto que si se rebasan llevan a la adopción de medidas de respuesta. Esos NIO se elaboran por anticipado en la etapa de preparación, ya que no habrá tiempo al comienzo de una emergencia para establecer ese tipo de criterios operacionales.

Los accidentes ocurridos en las centrales nucleares de Three Mile Island en los Estados Unidos en 1979, de Chernóbil en la URSS en 1986 y de Fukushima en el Japón en 2011 demostraron que durante una emergencia era imposible establecer criterios para adoptar medidas protectoras y otras medidas de respuesta justificadas por tratarse de un período de cotas elevadas de emoción y de desconfianza en los funcionarios y los círculos científicos. Además, la experiencia de esos accidentes anteriores demostró que los encargados de adoptar decisiones fueron incapaces de actuar con prontitud para aplicar las medidas protectoras debido a las demoras causadas por la falta de criterios predeterminados.

La deposición de material radiactivo del penacho a distancias de 100 km y más de la central nuclear también podría llevar a la contaminación de los alimentos, la leche y el agua de lluvia a niveles que podrían originar cánceres de tiroides y rebasar los criterios genéricos internacionales [1] establecidos para las restricciones del consumo. Las pautas de esa deposición también pueden ser tan complejas que resulte imposible monitorizar lo suficiente la zona para determinar eficazmente todos los lugares en que sea necesario establecer restricciones de alimentos. Por consiguiente, la protección y las restricciones rápidas de productos locales no esenciales<sup>7</sup>, productos silvestres (por ejemplo, setas y caza), leche de animales que pastan en la zona, agua de lluvia,<sup>8</sup> piensos<sup>9</sup> y productos básicos deben aplicarse *antes* de la monitorización o el muestreo.

Los efectos psicológicos, económicos y sociológicos han sido unas de las consecuencias más graves de las emergencias nucleares. Además, en algunas emergencias el público, los funcionarios situados fuera del emplazamiento y otros<sup>10</sup> han adoptado medidas inapropiadas<sup>11</sup> de más daño que beneficio. Las causas son a menudo las siguientes: a) no comunicar con claridad cuándo la situación es segura y no se requieren medidas protectoras u otras medidas de respuesta, b) no situar en perspectiva en términos comprensibles el posible peligro para la salud de la emergencia, y c) no responder prontamente a las preocupaciones de otros y el público. Por tanto, los encargados de adoptar decisiones tendrán que dar amplias garantías al público y a otros de cuándo la situación es segura y no se requieren medidas protectoras ni ninguna otra medida de respuesta. Además, los encargados de

---

<sup>6</sup> Véase en la sección 6.3. la descripción de “puntos activos”.

<sup>7</sup> La restricción de productos locales esenciales, leche o agua podría causar malnutrición u otras consecuencias para la salud y, por tanto, los productos locales esenciales solo deben restringirse si pueden sustituirse por otros.

<sup>8</sup> Solo debe restringirse el consumo de agua potable no esencial que provenga directamente de sistemas de recogida de agua de lluvia sin diluir. Otras fuentes de agua potable (por ejemplo, pozos, represas o ríos) tendrán niveles de contaminación mucho más bajos debido a la dilución y solo deberán restringirse si en el análisis de las muestras se rebasan los niveles predeterminados.

<sup>9</sup> Solo se aplica a piensos almacenados a la intemperie y no deberían aplicarse restricciones si no existen otros alimentos que los sustituyan.

<sup>10</sup> Por “otros” se entiende quienes desempeñan su labor normal tras la declaración de una emergencia general (por ejemplo, personal médico que transporte o trate a quienes procedan de una zona afectada o se encuentren en ella).

<sup>11</sup> Medidas inapropiadas son, por ejemplo, abortos voluntarios injustificados, evacuaciones inseguras que hayan causado muertes, restricciones innecesarias de importaciones, la estigmatización y el rechazo de las personas de la zona afectada, la negativa a tratar a pacientes de la zona afectada, y el uso de formas inapropiadas de yodo (como solución antiséptica de yodo) para la profilaxis con yodo de la tiroides.



adoptar decisiones fuera del emplazamiento tendrán que ser capaces de explicar al público y a otros los peligros para la salud en la emergencia en forma comprensible, concisa y coherente y estar preparados para disipar sus preocupaciones. Ello exige una preparación previa a fin de transmitir un mensaje único que sitúe en perspectiva toda la información comunicada durante una emergencia en relación con su peligro para la salud.

En resumen, los objetivos del encargado de adoptar decisiones fuera del emplazamiento ante una emergencia que entrañe daños graves del combustible del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor son los siguientes:

- Prevenir lesiones y muertes adoptando medidas protectoras urgentes para el público a unos 3 a 5 km de distancia, antes de una emisión grave, actuando con prontitud cuando se detecten condiciones<sup>12</sup> en la central que puedan causar daños graves en el combustible;
- Mantener las dosis en el público por debajo de los criterios genéricos internacionales en que se justifican medidas protectoras y otras medidas de respuesta para reducir el riesgo de efectos estocásticos (cánceres) [1] y reducir las repercusiones económicas adoptando con prontitud las medidas que se indican a continuación cuando se detecten condiciones<sup>12</sup> en la central que puedan causar daños graves en el combustible:
  - Medidas protectoras para el público a unos 15 a 30 km de la central nuclear;
  - Restricción de productos locales no esenciales<sup>7</sup>, productos silvestres (por ejemplo, setas y caza), leche de animales que pastan en la zona, agua de lluvia, piensos<sup>13</sup> y productos básicos a unos 100 a 300 km de la central nuclear;
- Mantener las dosis en el público por debajo de los criterios genéricos internacionales en que se justifican medidas protectoras y otras medidas de respuesta para reducir el riesgo de efectos estocásticos [1] realizando la monitorización a distancias de unos 50 a 100 km para localizar puntos activos que requieran medidas de evacuación o realojamiento.
- Prevenir o reducir efectos psicológicos, económicos y sociológicos mediante lo siguiente: a) comunicar con claridad cuándo la situación es segura y no se requieren medidas protectoras u otras medidas de respuesta, b) situar en perspectiva en términos comprensibles el posible peligro para la salud de la emergencia, c) responder prontamente a las preocupaciones del público y d) asegurar que todos los productos comercializados cumplan las normas internacionales y dar garantías a las partes interesadas (por ejemplo, otros Estados) de que esos controles se aplican.

## 1.2. OBJETIVO

La presente publicación tiene por objetivo facilitar la comprensión de las medidas que son necesarias para proteger al público entre los responsables de adoptar y aplicar decisiones ante la declaración de una emergencia en un reactor de agua ligera (LWR) o en una piscina de combustible gastado. La publicación sirve de base para elaborar en la etapa de preparación los instrumentos y criterios necesarios para adoptar medidas protectoras y otras medidas de respuesta en caso de una emergencia. También podría utilizarse directamente en la respuesta a una emergencia.

---

<sup>12</sup> Condiciones de emergencia general (véase la sección 3).

<sup>13</sup> Solo se aplica a piensos almacenados a la intemperie y no deberían aplicarse restricciones si no existen otros alimentos que los sustituyan.

### 1.3. ALCANCE

La publicación se basa en las últimas normas de seguridad del OIEA [1, 2] y en las enseñanzas extraídas de emergencias anteriores, incluso del accidente de la central nuclear de Fukushima Daiichi de la Tokyo Electric Company ocurrido en el Japón en 2011 [3, 4]. Se centra en las medidas de respuesta a emergencias relacionadas con daños graves del combustible del núcleo o la piscina del combustible gastado de un reactor de agua ligera (LWR). Con todo, los instrumentos y criterios pueden adaptarse y aplicarse a otros diseños de reactores. Los NIO y gráficos necesarios para situar en perspectiva el peligro para la salud con respecto a las cantidades y dosis medidas pueden utilizarse para las emisiones de reactores RBMK, aunque tal vez no sean válidos para los reactores CANDU (reactor canadiense de deuterio-uranio).

Esta publicación es aplicable a lo siguiente: a) los LWR con niveles de potencia superiores a 100 MW(t), y b) las piscinas de combustible gastado que contienen combustible de reactores que deben refrigerarse activamente para prevenir el sobrecalentamiento y el fallo del combustible. Se considera muy improbable que una emergencia en una central nuclear con niveles de potencia inferiores a 100 MW(t) pueda desembocar en una emisión potencial en la atmósfera que justifique medidas protectoras urgentes y otras medidas protectoras fuera del emplazamiento<sup>14</sup>. Por tanto, en esta publicación no se consideran las centrales nucleares con un nivel de potencia inferior a 100 MW(t).

### 1.4. ESTRUCTURA

Después de la introducción al concepto de las operaciones, las secciones principales de esta publicación están estructuradas para que fluyan en la secuencia lógica relacionada con una emergencia, es decir, desde las medidas adoptadas al detectarse condiciones graves en la central nuclear sobre la base del sistema de clasificación de emergencias predeterminado hasta las medidas que han de adoptarse en función de la monitorización cuando se superen los niveles de intervención operacionales por defecto, pasando por la comunicación con el público. Al final de esta publicación se formulan orientaciones relacionadas con la aplicación provisional y total de la capacidad de preparación para emergencias. Los apéndices sirven de apoyo y proporcionan información de antecedentes.

---

<sup>14</sup> Una emisión potencial de materiales radiactivos en la atmósfera que pudiera causar efectos deterministas graves o un aumento detectable a la larga en la incidencia de cáncer radioinducido en la población constituye una emergencia que justificaría la adopción de medidas protectoras y otras medidas de respuesta fuera del emplazamiento.

## 2. CONCEPTOS GENERALES

### 2.1. EJEMPLO DE CONCEPTO DE LAS OPERACIONES

El concepto de las operaciones es una breve descripción de la respuesta a una emergencia que se utiliza al planificar la respuesta. Es necesario elaborarlo al principio del proceso de preparación para que todos los que participen en el establecimiento de una capacidad de respuesta compartan una visión común.

Este concepto de las operaciones representa un ejemplo de una respuesta conforme a los objetivos enunciados en la sección 1.1 ante una emergencia grave relacionada con daños graves reales o previstos del combustible del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor<sup>15</sup>. Constituye además un punto de partida que debe adaptarse a las condiciones locales para que sea eficaz. En él se describe la respuesta que se explica en detalle en la presente publicación. En la sección 2.2 se resumen las fases incluidas en el ejemplo del concepto de las operaciones.

La emergencia comienza al ocurrir un suceso (por ejemplo, pérdida de un sistema de seguridad) en la central nuclear o en una instalación en que se encuentre una piscina de combustible gastado que origine condiciones (por ejemplo, daños graves del combustible) que justifiquen la adopción de medidas protectoras urgentes fuera del emplazamiento antes o poco después de una emisión a fin de proteger con eficacia al público.

Aproximadamente a los 15 minutos de detectarse el suceso (o sus síntomas), el supervisor de turno de la central nuclear declara la emergencia general sobre la base de condiciones predeterminadas y de la lectura de los instrumentos de la central. Estas lecturas de los instrumentos se conocen como niveles de actuación de emergencia (NAE). La declaración de una emergencia general desencadena la respuesta coordinada de todas y cada una de las entidades de respuesta que han determinado previamente las medidas que deberán tomar al declararse la emergencia. El personal de la central nuclear también adopta de inmediato todas las medidas posibles en el emplazamiento para prevenir o mitigar cualquier emisión, así como las medidas inmediatas para proteger a las personas que se encuentran en él.

En el curso de 30 minutos después de detectarse el suceso (o sus síntomas), el supervisor de turno envía una notificación a los encargados de adoptar decisiones fuera del emplazamiento responsables de las jurisdicciones donde deben tomarse medidas protectoras urgentes con prontitud para reducir el riesgo para el público dentro de las zonas y distancias de emergencia predeterminadas alrededor de la central (es decir, la zona de medidas precautorias (ZMP), la zona de planificación de medidas protectoras urgentes (ZPU), la distancia de planificación ampliada (DPA) y la distancia de planificación aplicable a la ingestión y los productos básicos (DPIP)<sup>16</sup>). El supervisor de turno recomienda a los encargados de adoptar decisiones fuera del emplazamiento que comiencen de inmediato a adoptar las medidas protectoras urgentes predeterminadas (por ejemplo, evacuación, realojamiento, profilaxis con yodo de la tiroides, restricciones de alimentos) necesarias para proteger al público en estas zonas.

En el lapso de 45 minutos después de detectarse el suceso (o sus síntomas), los encargados de adoptar decisiones fuera del emplazamiento comienzan a aplicar las medidas protectoras urgentes predeterminadas y advierten a quienes se encuentren cerca de la central nuclear en la ZMP y la ZPU (por ejemplo, con sirenas y un altavoz para explicar los motivos de su activación) y les informa por los medios de comunicación (por ejemplo, medios de comunicación pública, entre ellos la radio, la televisión, los sitios de Internet, los diarios y revistas y las redes sociales) sobre las medidas que han de adoptar. Esto es posible porque se habrán establecido disposiciones para la pronta adopción de decisiones y el uso de mensajes pregrabados. Dentro de la ZMP debe darse instrucciones al público

---

<sup>15</sup> Véase más información en la sección 2.5.

<sup>16</sup> Véase más información sobre las zonas y distancias de emergencia en la sección 4.

para que tome el agente bloqueador de la tiroides<sup>17</sup> y evacúe el lugar lo antes posible con seguridad<sup>18</sup>. Antes de la evacuación se deben dar instrucciones al público para que busque refugio. Se debe orientar al público que se encuentre en la ZPU para que tome inmediatamente un agente bloqueador de la tiroides y busque refugio hasta que se den las instrucciones para la evacuación. Cuando sea probable una emisión grave de partículas, la población en la ZPU debe evacuarla tan pronto sea posible hacerlo con seguridad<sup>18</sup> sin demorar la evacuación de la ZMP. La evacuación de la ZPU puede realizarse gradualmente de modo que las zonas en riesgo inmediato sean las primeras evacuadas (por ejemplo, considerando la dirección prevista del viento), o de modo que pueda realizarse con más eficacia (por ejemplo, optimizar la red vial existente). No obstante, quizás a la larga la ZPU deba ser evacuada en todas las direcciones por los cambios del viento que podrían tener lugar durante una emisión o en el intervalo de tiempo de una emisión potencial grave<sup>19</sup>. Los encargados de adoptar decisiones fuera del emplazamiento también dan instrucciones a quienes se encuentran en zonas donde la contaminación de alimentos, agua, leche o productos básicos pueda plantear un riesgo (es decir, dentro de la DPIP) para: a) llevar los animales que pastan en la zona a lugares de alimentación protegidos (cubiertos), b) proteger los sistemas de abastecimiento de agua potable que se alimentan directamente de agua de lluvia, c) restringir el consumo y distribución de productos locales no esenciales, productos silvestres (por ejemplo, setas y caza), leche de animales que pastan en la zona, agua de lluvia, piensos y d) restringir la distribución de productos básicos hasta tanto se realicen nuevas evaluaciones.

En el curso de una hora después de detectarse el suceso (o sus síntomas), habiendo recibido las instrucciones por anticipado como parte del programa de preparación, el público comienza a adoptar rápidamente las medidas protectoras recomendadas.

Tras una emisión radiactiva, se monitorizan prontamente las zonas no evacuadas. Sobre la base de los criterios operacionales por defecto, denominados niveles de intervención operacionales (NIO<sup>20</sup>), se definen las zonas en que se justifican nuevas medidas protectoras y otras medidas de respuesta. El objetivo será determinar las zonas en que se superen los NIO por defecto que deban ser objeto además de:

- la evacuación en el curso de un día;
- el realojamiento en el plazo de una semana a un mes; y
- restricciones pocos días después del consumo de productos locales, leche de animales que pastan en la zona, agua de lluvia y piensos cuando la ingestión en la zona dé lugar a dosis que rebasen los criterios internacionales<sup>21</sup>.

La entidad explotadora de la central nuclear garantiza que las personas en el emplazamiento, o las encargadas de la respuesta fuera del emplazamiento, se protejan de todos los peligros posibles. Todas las personas que han quedado gravemente contaminadas o expuestas o que han sido evacuadas y necesitan atención médica (por ejemplo, pacientes en centros de asistencia y hospitales) se trasladan a hospitales situados fuera de la DPA preparados para examinarlas y tratarlas de conformidad con

---

<sup>17</sup> El agente bloqueador de la tiroides puede tomarse inmediatamente solo si ha sido distribuido con antelación en hogares, escuelas, lugares de trabajo, hospitales y otras instalaciones especiales.

<sup>18</sup> Evacuar con seguridad significa no poner en peligro la vida de los evacuados. Por ejemplo, los pacientes en hospitales o centros de asistencia no deben ser evacuados inmediatamente si con ello pueden correr un riesgo inmediato. La evacuación debe demorarse hasta que esos pacientes puedan trasladarse con seguridad.

<sup>19</sup> Condiciones de emergencia general (véase la sección 3).

<sup>20</sup> Véase más información sobre los NIO en la sección 6.

<sup>21</sup> La monitorización tiene por objeto determinar los lugares en que deben restringirse inmediatamente los productos locales, la leche de animales que pastan en la zona y el agua de lluvia. Esto se hace para establecer restricciones en las zonas donde la ingestión dé lugar a dosis que superen los criterios internacionales y antes de recibir los resultados del dilatado proceso de muestreo y análisis del medio ambiente. Sin embargo, las medidas para proteger la vía de ingestión no se limitan a determinar los lugares en que se rebasan los criterios de monitorización, sino que también incluyen un programa de muestreo y análisis de alimentos, leche y agua en toda la zona afectada, tan pronto pueda establecerse, para: a) confirmar la idoneidad de los controles, b) prevenir restricciones suplementarias, c) prever el reemplazo de alimentos y d) eliminar las restricciones.

procedimientos predeterminados. Quienes transportan y tratan a las personas contaminadas lo hacen sin vacilar porque saben que pueden hacerlo con seguridad si toman las precauciones universales (para la protección contra agentes infecciosos: máscara y guantes quirúrgicos). Los médicos que tratan a las personas expuestas consultan con expertos nacionales experimentados en el tratamiento de sobreexposiciones. También puede obtenerse asistencia en el tratamiento de personas contaminadas y expuestas por conducto del OIEA o la Organización Mundial de la Salud siguiendo las instrucciones que figuran en la ref. [5]. En cuestión de horas se establecen centros fuera de la ZPU para registrar, procesar, monitorizar y examinar a los evacuados y decidir si necesitan recibir tratamiento médico inmediato o inscribirse para recibir un seguimiento médico basado en criterios predeterminados. Las personas que muestran síntomas de efectos deterministas graves son examinadas y tratadas en hospitales predeterminados y preparados fuera de la DPA.

Poco después que ha sido advertido el público, los medios de comunicación reciben información de un solo portavoz oficial. Se celebran conferencias de prensa periódicamente con la participación de la entidad explotadora de la central nuclear y funcionarios locales y nacionales para transmitir un mensaje único y comprensible al público y otras partes interesadas. En ellas se sitúa en perspectiva la información en función del posible peligro para la salud y se da respuesta a las preocupaciones del público y de otros. En todos los casos el público y otros reciben una explicación sencilla de los peligros que afrontan y las medidas que pueden adoptar para reducir esos riesgos, así como las medidas adoptadas para infundirles confianza en que se hallan a salvo y que su seguridad y sus intereses están protegidos. Esto se aplica a cualquier suceso considerado como una emergencia por el público o los medios de comunicación. Estos últimos (incluidos los sitios de Internet y las redes sociales) son objeto de seguimiento para detectar y contrarrestar cualesquiera respuestas inapropiadas<sup>22</sup> del público y otros, y para disipar las nuevas preocupaciones que puedan surgir.

Pocas horas después de detectarse el suceso (o sus síntomas), la respuesta de emergencia completa, incluidas todas las entidades de respuesta locales y nacionales, se activa y funciona bajo un solo sistema de mando de emergencia (SME). Véase el apéndice 13 de la ref. [6] para obtener más información sobre el SME<sup>23</sup>.

Un día después de detectarse el suceso (o sus síntomas) se aplican controles para asegurar que todos los productos comercializados cumplan las normas internacionales y para dar garantías a las partes interesadas (por ejemplo, otros Estados) de que tales controles se aplican.

En el plazo de una semana se aplica un programa de muestreo y análisis para verificar si los controles de alimentos, agua y leche son adecuados más allá de donde ya se han establecido y eliminar las restricciones según corresponda.

## 2.2. RESUMEN DE MEDIDAS PROTECTORAS Y OTRAS MEDIDAS DE RESPUESTA EN RELACIÓN CON EL EJEMPLO DE RESPUESTA

Tras determinar las condiciones causantes de daños graves del combustible (es decir, la emergencia general) se siguen las siguientes fases, como se indica en la figura 1:

**Fase 1. En un lapso de 15 minutos** el supervisor de turno declara la emergencia general en función de las condiciones predeterminadas y las lecturas de los instrumentos de la central nuclear como parte del sistema de clasificación de emergencias (cuando se han rebasado los NAE).

---

<sup>22</sup> Medidas inapropiadas son, por ejemplo, abortos voluntarios injustificados, evacuaciones inseguras que ponen en peligro la vida, restricciones innecesarias de importaciones, estigmatización y rechazo de las personas de la zona afectada, negativa a tratar a pacientes de la zona afectada, y uso de formas inapropiadas de yodo (como la solución antiséptica de yodo) para la profilaxis con yodo de la tiroides.

<sup>23</sup> El SME se denomina sistema de mando para el caso de incidentes (SMI) en la referencia [6].

**Fase 2. En un lapso de 30 minutos** el supervisor de turno envía una notificación<sup>24</sup> a los encargados de adoptar decisiones fuera del emplazamiento<sup>25</sup> para que protejan al público dentro de la ZMP, la ZPU, la DPA y la DPIP.

**Fase 3. En un lapso de 45 minutos** el encargado (o los encargados) de adoptar decisiones fuera del emplazamiento comienza a aplicar las medidas protectoras urgentes para el público, según se explica en detalle en la sección 5:

- da instrucciones a quienes se encuentren en la ZMP para, de inmediato:
  - tomar un agente bloqueador de la tiroides;
  - reducir la ingestión accidental<sup>26</sup>; y
  - evacuar la ZMP con seguridad y alejarse de ella<sup>27, 28</sup>;
- da instrucciones a quienes se encuentren en la ZPU para:
  - mantenerse en lugares bajo techo (refugio establecido) hasta la evacuación;
  - tomar inmediatamente un agente bloqueador de la tiroides;
  - reducir la ingestión accidental<sup>26</sup> de inmediato; y
  - evacuar a las personas con seguridad si el potencial de emisión grave de partículas persiste, a condición de que no se demore la evacuación de la ZMP.<sup>27, 28, 29</sup>
- da instrucciones a quienes se encuentren en la ZMP y la ZPU que no puedan ser evacuados de inmediato para:
  - tomar un agente bloqueador de la tiroides; y,
  - dirigirse a lugares bajo techo (buscando refugio en la medida de lo posible en edificios grandes<sup>30, 31</sup>), cerrar las ventanas y puertas, y mantenerse alerta a la radio o la televisión a la espera de nuevas instrucciones. El alojamiento en refugios no debería mantenerse durante más de un día; y

---

<sup>24</sup> Debe efectuarse estableciendo contacto con un solo punto de notificación fuera del emplazamiento para que no sea necesario hacer múltiples llamadas.

<sup>25</sup> Entre ellos, las jurisdicciones situadas dentro de la ZMP, la ZPU, la DPA y la DPIP para incluir a los que se encuentran en otros Estados.

<sup>26</sup> Impartir orientaciones para no beber, comer o fumar y para mantener alejadas las manos de la boca hasta que se hayan lavado y no jugar al aire libre o realizar otras actividades que produzcan polvo que pueda ser ingerido.

<sup>27</sup> Si no es posible la evacuación inmediata (por ejemplo, debido a la nieve, inundaciones o la falta de transporte o una instalación especial como un hospital), el público debe alojarse en refugios hasta que sea posible realizar la evacuación con seguridad.

<sup>28</sup> “Evacuar con seguridad” o “realojar con seguridad” significa no poner en peligro la vida de las personas que son evacuadas o realojadas. Por ejemplo, los pacientes en hospitales o centros de asistencia no deben ser evacuados inmediatamente si con ello pueden correr un riesgo inmediato. La evacuación o el realojamiento deben demorarse hasta que estos pacientes puedan trasladarse con seguridad. Los pacientes y las personas que requieran atención especializada deberían ser evacuados más allá de la DPA a fin de evitar la necesidad de realizar varias evacuaciones. Como se examina en la sección 5.2, las evacuaciones no deben demorarse por el hecho de que una emisión esté en curso.

<sup>29</sup> La evacuación de la ZPU puede realizarse gradualmente de modo que las zonas en riesgo inmediato sean las primeras evacuadas (por ejemplo, considerando la dirección prevista del viento), o de forma que pueda realizarse con más eficacia (por ejemplo, optimización de la red vial existente). No obstante, quizás a la larga la ZPU deba ser evacuada en todas las direcciones por los cambios del viento que puedan tener lugar durante una emisión o en el intervalo de tiempo de una emisión potencial grave.

<sup>30</sup> Un edificio grande también se conoce como un refugio “importante”.

<sup>31</sup> Cuando se haya planificado con anterioridad el alojamiento en un refugio como la medida protectora inicial (para instalaciones especiales, por ejemplo, hospitales) se deben adoptar disposiciones por anticipado (véase la sección 5.3).



- prepararse para la evacuación más allá de la ZPU de modo que la operación pueda llevarse a cabo con seguridad<sup>28</sup>.
- da instrucciones a los responsables de los sistemas de transporte (aéreo, terrestre, marítimo) para evitar la ZPU.
- da instrucciones a quienes se encuentren dentro de la DPA para adoptar medidas destinadas a reducir la ingestión accidental<sup>26</sup>.
- da instrucciones a quienes se encuentren en la DPIIP para:
  - llevar los animales que pastan en la zona a lugares de alimentación protegidos (cubiertos) según proceda y sea factible;
  - proteger las fuentes de alimento y agua potable (por ejemplo, desconectar las tuberías de recogida de agua de lluvia);
  - detener el consumo y distribución de productos locales no esenciales<sup>32</sup>, productos silvestres (por ejemplo, setas y caza), leche de animales que pastan en la zona, agua de lluvia<sup>33</sup>, piensos<sup>34</sup>, hasta que los niveles de concentración se hayan evaluado utilizando el NIO7<sup>35</sup>; y
  - detener la distribución de productos básicos hasta que se haga una evaluación.

**Fase 4. En el curso de una hora** el público comienza a adoptar las medidas protectoras urgentes recomendadas.

**Fase 5. En unas pocas horas:**

- un solo portavoz oficial aporta información a los medios de comunicación y organiza conferencias de prensa conjuntas en un centro de información pública<sup>36</sup> con la participación de la entidad explotadora de la central nuclear y funcionarios locales y nacionales;
- se transmite un mensaje coherente, comprensible al público y otras partes interesadas cuya información se ponga en perspectiva en función del peligro para la salud y también responda a cualesquiera preocupaciones; y
- se da seguimiento a las actuaciones del público, de otros y de los medios de comunicación (incluidos los sitios web y las redes sociales) para detectar y contrarrestar las respuestas inapropiadas y disipar las nuevas preocupaciones que puedan surgir.

**Fase 6. En unas pocas horas:**

- se establecen centros fuera de la ZPU para inscribir en registro a quienes se encontraban en la ZMP y la ZPU, se realiza una monitorización para detectar a las

<sup>32</sup> La restricción de productos locales esenciales, leche o agua podría provocar malnutrición u otras consecuencias para la salud y, por tanto, los productos locales esenciales deben restringirse solo si hay otros que los sustituyan.

<sup>33</sup> Solo debe restringirse el consumo de agua potable no esencial que provenga directamente de sistemas de recogida de agua de lluvia sin diluir. Otras fuentes de agua potable (por ejemplo, pozos, represas o ríos) tendrán niveles de contaminación mucho más bajos debido a la dilución y solo deberán restringirse si en el análisis de las muestras se rebasan los valores NIO7.

<sup>34</sup> Se aplica solo a pienso almacenado a la intemperie y las restricciones no deberían aplicarse si no hay otras fuentes de alimento.

<sup>35</sup> La restricción del consumo de alimentos, leche y agua de lluvia producidos en las zonas comprendidas en un sistema integral de monitorización de tasa de dosis en línea podría demorarse posiblemente hasta que se detecten tasas de dosis que rebasen los criterios predeterminados.

<sup>36</sup> El centro de información pública es el lugar en que se coordina toda la información oficial entregada a los medios de comunicación en relación con la emergencia.

personas cuyos resultados de exploración en la piel o la tiroides rebasan el NIO4 o el NIO8, se efectúa la descontaminación y se realizan cribados (de conformidad con la sección 2.3); y

- se alerta a los hospitales a fin de que se preparen para tratar a las personas contaminadas<sup>37</sup> y expuestas. Los médicos que tratan a las personas expuestas consultan con los expertos nacionales que tienen experiencia en el tratamiento de sobreexposiciones y de pacientes contaminados<sup>38</sup>. También puede obtenerse asistencia por conducto del OIEA y la Organización Mundial de la Salud siguiendo las instrucciones que figuran en la ref. [5].

**Fase 7. En el curso de un día** se realiza una monitorización para ubicar dónde se rebasa el NIO1 y en esos lugares:

- los residentes de la zona son evacuados en condiciones de seguridad<sup>27, 28</sup>; y
- se adoptan otras medidas de respuesta señaladas en el cuadro 7.

**Fase 8. En el curso de un día** se comienzan a aplicar los controles para asegurar que todo el comercio cumpla las normas internacionales y reafirmar a las partes interesadas (por ejemplo, otros Estados) que tales controles se aplican según se indica en la sección 5.9.

**Fase 9. En unos días** se realiza una monitorización para ubicar dónde se rebasa el NIO3 más allá de la DPIP y en esos lugares<sup>39</sup>:

- se aplican otras restricciones de alimentos; y
- se restringe el consumo y distribución de productos locales, leche, agua de lluvia<sup>33</sup>, piensos<sup>34</sup>, como se indica en el cuadro 7.

**Fase 10. En el curso de una semana** se aplican programas de muestreo y análisis para verificar que los controles de alimentos, agua y leche son adecuados para asegurar que las concentraciones estén por debajo de los valores NIO7 que figuran en el cuadro 9.

**Fase 11. En el curso de una semana a un mes** se realiza una monitorización para ubicar dónde se rebasa el NIO2 y en esos lugares:

- se realoja con seguridad<sup>28</sup> a quienes residan en la zona; y
- se adoptan otras medidas de respuesta indicadas en el cuadro 7.

---

<sup>37</sup> Las precauciones universales contra la infección (guantes, máscara, etc.) proporcionan suficiente protección al personal que trata a los pacientes contaminados.

<sup>38</sup> Los médicos locales normalmente no poseen los conocimientos especializados necesarios para realizar ese tipo de evaluaciones.

<sup>39</sup> La monitorización y comparación con los valores NIO3 se utilizan para determinar dónde los productos locales, la leche de animales que pastan en la zona y el agua de lluvia deben restringirse de inmediato porque pueden superar claramente los valores NIO7. No obstante, las medidas para proteger la vía de ingestión no se limitan a determinar dónde se rebasan los criterios NIO3, sino que también incluyen un programa de muestreo y análisis de alimentos, leche y agua en toda la zona afectada, tan pronto pueda establecerse, para determinar si las concentraciones rebasan el NIO7 con objeto de: a) confirmar la idoneidad de los controles, b) prevenir restricciones suplementarias, c) disponer el reemplazo de alimentos, y d) eliminar las restricciones.

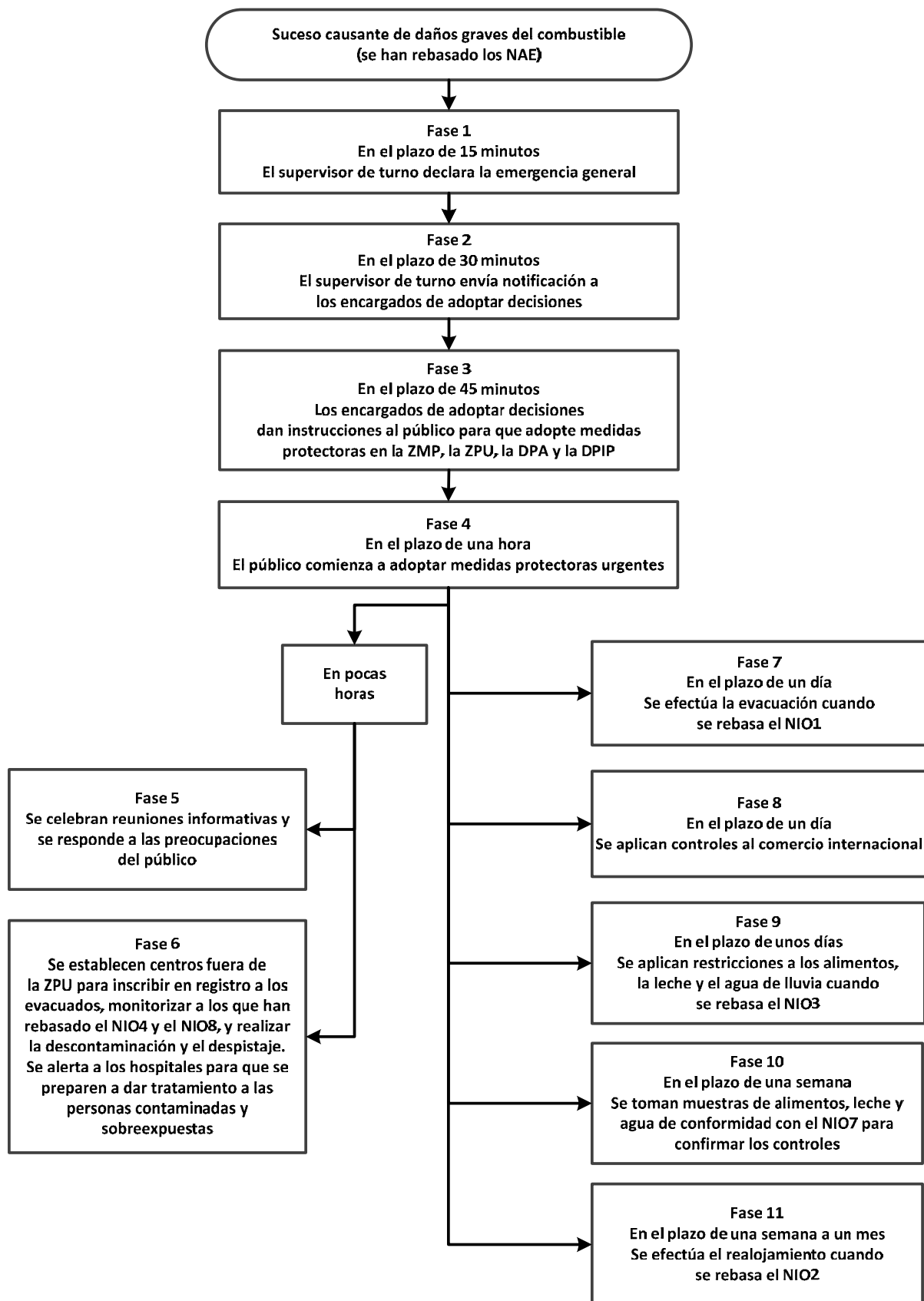


Fig. 1. Fases que deben seguirse durante un suceso que pueda causar daños graves del combustible del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor (emergencia general).

## 2.3. MEDIDAS DE RESPUESTA PARA LAS PERSONAS POTENCIALMENTE EXPUESTAS

Para todas las personas potencialmente expuestas y las que han sido evacuadas o realojadas:

- Inscribir en registro a todas las personas, manteniendo juntas a las familias. En el apéndice IV figura un ejemplo de formulario de registro.
- Tratar de inmediato a quienes han sufrido lesiones: no dejar que el temor de la contaminación demore un tratamiento médico de urgencia.
  - Los problemas médicos graves (incluidos los ya existentes que requieran tratamiento continuo) deben recibir prioridad. Prestar primeros auxilios inmediatos, registrar y transportar a quienes hayan sufrido lesiones graves para su posterior tratamiento.
  - Siempre es seguro asistir a una persona posiblemente contaminada tratándola como si lo estuviera hasta que se demuestre lo contrario.
    - Usar guantes y envolver al paciente en una sábana o manta para contener la contaminación durante el transporte.
    - Tomar medidas de precaución universales contra la infección (guantes, máscara, etc.) que provean suficiente protección al personal que trate a pacientes contaminados.
- Enviar a quienes muestran síntomas de sobreexposición grave como los que se indican en la ref. [30] para su examen inmediato y posible hospitalización.
- Dar instrucciones a todos para lavarse las manos antes de comer, beber, fumar o colocarlas cerca de la boca.
- Monitorizar la dosis en la piel y la tiroides si se dispone de medios de monitorización:
  - Evaluar los resultados de la monitorización en la piel aplicando el NIO4 y adoptar las medidas indicadas en el cuadro 8.
  - Evaluar los resultados de la monitorización de la tiroides aplicando el NIO8 y adoptar las medidas indicadas en el cuadro 10.
- Dar instrucciones para la descontaminación y a esos efectos, de ser necesario, retirar la ropa exterior y lavar las manos y la cara.
- Dar instrucciones a los evacuados que posean animales domésticos para que los bañen una vez.
- Si no se dispone de inmediato de medios de monitorización o descontaminación, enviar a las personas a un centro establecido más allá de la ZPU (con el formulario de registro) donde sea posible hacerlo.
- Si no hay centros establecidos más allá de la ZPU y no se dispone de medios de monitorización y descontaminación, tranquilizar al público informándole de que el riesgo para la salud de la contaminación es reducido e indicar a quienes abandonen el lugar que es prudente hacer lo siguiente:
  - Lavar las manos antes de comer, beber, fumar o colocarlas cerca de la boca.
  - Ducharse y cambiarse de ropa lo antes posible y colocar la ropa retirada en una bolsa plástica hasta que pueda eliminarse.
  - Seguir las instrucciones oficiales (por ejemplo, transmitidas en líneas telefónicas directas, televisión, radio y sitios web).
- Recoger el formulario de registro de cada persona, cerciorándose de que se ha indicado un medio de contactarla.

## 2.4. INSTRUMENTOS PARA APOYAR LA ADOPCIÓN DE DECISIONES SOBRE LAS MEDIDAS PROTECTORAS

Las emisiones radiactivas que justifican medidas protectoras fuera del emplazamiento son imprevisibles. Pueden ocurrir a través de una ruta de emisión no monitorizada y comenzar en unos minutos, pero es más probable que lo hagan al menos varias horas después que se produzcan daños graves del combustible en el núcleo del reactor o en la piscina de combustible gastado. Los operadores de la sala de control pueden prever los daños en el combustible antes de que ocurran pero

no el momento o la magnitud de la mayoría de las emisiones graves<sup>40</sup> que justifican medidas protectoras urgentes fuera del emplazamiento. Por tanto, para que sean más eficaces, las medidas protectoras urgentes deben aplicarse en función de los niveles o condiciones predeterminados de instrumentación de la central (NAE) que indiquen daños graves reales o proyectados del combustible en el núcleo del reactor o en la piscina de combustible gastado (emergencia general, véase la sección 3). Cuando se superen los NAE, el personal de la central nuclear lo notificará de inmediato a los funcionarios situados fuera del emplazamiento para poner en marcha una respuesta coordinada.

Los operadores de la sala de control no pueden prever el momento, la magnitud, la composición, la altitud efectiva y la duración de la mayoría de las emisiones graves que justifican medidas protectoras urgentes fuera del emplazamiento. Además, ese tipo de emisiones podría prolongarse varios días y desembocar en pautas de deposición muy complejas fuera del emplazamiento. Por tanto, los modelos de previsión de dosis no pueden emplearse eficazmente para adoptar decisiones sobre las medidas protectoras urgentes que deben tomarse antes o poco después de la emisión para lograr mayor eficacia.

Los accidentes de las centrales nucleares de Chernóbil y de Fukushima Daiichi son ejemplos de lo antes señalado. En esos accidentes no se previeron el lugar, la magnitud y el momento de las emisiones, estas ocurrieron durante un periodo de varios días a semanas y los operadores de la sala de control no pudieron evaluar las tasas ni la composición de las emisiones. En ambos casos las tasas de emisión y la mezcla de materiales radiactivos tuvieron que estimarse en función de la tasa de dosis y otros datos ambientales obtenidos tras la emisión. Por otra parte, las estimaciones de la magnitud de la emisión se siguieron revisando más de un año después de los accidentes a medida que se obtuvieron más datos [7, 8].

La experiencia de las emergencias de Chernóbil y Fukushima es compatible con los resultados del análisis de accidentes graves, que demuestran que deben aplicarse medidas protectoras en todas las direcciones inmediatamente después que las condiciones de la central indiquen daños reales o proyectados del combustible, ya que el momento, la dirección y la duración de una emisión son imprevisibles.

Las proyecciones de la dirección del viento pueden ser útiles para determinar las zonas dentro de la ZMP o la ZPU que deben ser evacuadas en primera instancia si la población no puede ser evacuada eficazmente en todas las direcciones de manera simultánea. Después de la emisión, las direcciones y los modelos del viento pueden ser útiles para encauzar los recursos inicialmente a la monitorización y el muestreo fuera del emplazamiento que, no obstante, deben realizarse en todas las direcciones cerca de la central nuclear y no solo en las zonas que indiquen los modelos.

Los modelos de proyecciones siempre deben ir acompañados de una explicación sencilla en que se haga hincapié en que los resultados son muy inciertos y deben ser cualificados, y que la situación real solo puede evaluarse atendiendo a los resultados de la monitorización.

Los modelos de proyecciones de dosis y otros instrumentos informáticos también podrían utilizarse para evaluar los datos de monitorización ambiental con miras a elaborar mapas de deposición y dosis para la adopción de decisiones.

Las redes de estaciones automatizadas de monitorización ambiental también pueden ser útiles para orientar a los grupos de monitorización y, cuando se combinan con los niveles de intervención operacionales (NIO), ayudan a determinar las zonas en que se justifican la evacuación, el realojamiento y las restricciones de alimentos tras una emisión.

---

<sup>40</sup> Ejemplos de causas de fuga o fallo de la contención que no son previsibles y que pueden dar lugar a una emisión grave son: a) explosiones de hidrógeno, b) sobrepresión, c) derivación y d) no aislamiento. La única vía de emisión previsible es el venteo intencional, ruta en que las emisiones serían de menor magnitud en la mayoría de los casos.

En todos los casos, los instrumentos utilizados como base de las medidas protectoras urgentes deben integrarse en los sistemas de adopción de decisiones de tal modo que su empleo no demore la aplicación de medidas protectoras urgentes, sobre todo para adoptar decisiones que deban tomarse antes o poco después de la emisión para que sean más eficaces.

## 2.5. RESPUESTA A OTRAS EMERGENCIAS

Como se indica bajo el título “Alcance” (sección 1.3), el centro de interés principal de la presente publicación son las medidas de respuesta a emergencias relacionadas con daños graves en el combustible del núcleo o la piscina de combustible gastado<sup>41</sup> de un LWR (sucesos clasificados como “emergencia general”, véase la sección 3). Esta publicación, avalada por la investigación y la experiencia, se basa en el supuesto de que después de producirse daños graves en el combustible del núcleo o la piscina del combustible gastado pueden ocurrir emisiones graves que justifiquen la pronta adopción de medidas protectoras urgentes fuera del emplazamiento con objeto de prevenir efectos deterministas graves o reducir el riesgo de efectos estocásticos, de conformidad con las orientaciones internacionales [1] (véase el apéndice I).

Las emisiones de sucesos que no entrañan daños graves del combustible en el núcleo o en la piscina del combustible gastado de un reactor probablemente solo originen dosis fuera del emplazamiento que justifiquen medidas protectoras por la ingestión de productos locales, productos silvestres (por ejemplo, setas y caza), leche de animales que pastan en la zona, agua de lluvia u otros productos que pueden contaminarse directamente por una emisión. Estos sucesos se clasifican como “emergencia dentro de la zona del emplazamiento” (véase la sección 3).

Las emergencias que no entrañan daños graves del combustible podrían originar: a) una preocupación importante entre el público, b) la adopción de medidas inapropiadas por el público y c) consecuencias económicas si no se adoptan con prontitud medidas protectoras y otras medidas de respuesta. Los sucesos en instalaciones nucleares que no dan lugar a la declaración de una emergencia dentro de la zona del emplazamiento (véase el cuadro 3) con pocas consecuencias radiológicas fuera del emplazamiento o ninguna pueden concitar un gran interés de los medios de comunicación o el público y exigir una pronta respuesta para disipar las preocupaciones por el riesgo percibido.

Por consiguiente, también deben adoptarse disposiciones para responder prontamente a las emergencias dentro de la zona del emplazamiento y a los sucesos que atraigan mucho interés de los medios de comunicación o el público. Esas disposiciones podrían basarse en los instrumentos y criterios enunciados en la presente publicación.

---

<sup>41</sup> Emergencias generales que pueden producirse al quedar descubierto el combustible durante un tiempo suficiente que cause su sobrecalentamiento y, en consecuencia, un fallo importante de las vainas del combustible y la emisión de materiales radiactivos (productos de fisión) del combustible.

### 3. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS

Solo puede darse una respuesta pronta y eficaz si todos saben qué hacer al declararse la emergencia. Esta respuesta rápida y coordinada se logra aplicando un sistema de clasificación de emergencias, que se basa en niveles crecientes de peligro para las personas que se encuentren dentro y fuera del emplazamiento de la central nuclear y está vinculado a la respuesta que resulta necesaria para proteger a los trabajadores, el público y otros.

Los requisitos internacionales del OIEA [9] sugieren las siguientes clases de emergencia relacionadas con posibles consecuencias fuera del emplazamiento<sup>42</sup>:

- la **alerta** se declara una vez que se ha detectado algo inseguro, o la reducción del nivel de protección, pero no requiere ninguna medida de protección para quienes se encuentran fuera del emplazamiento;
- la **emergencia dentro de la zona del emplazamiento** se declara para que la población fuera del emplazamiento se prepare para adoptar medidas protectoras y otras medidas de respuesta y se realice la monitorización en las inmediaciones de la instalación;
- la **emergencia general** se declara cuando se deben adoptar de inmediato medidas protectoras y otras medidas de respuesta para proteger al público fuera del emplazamiento.

En el cuadro 1 se describen las clases de emergencia y se incluye una lista de ejemplos de sucesos con la clasificación apropiada y una explicación sencilla para el público.

---

<sup>42</sup> En los requisitos internacionales [9] también se prevé una “emergencia en la instalación” que solo se declara cuando hay riesgo para las personas en el emplazamiento, pero ninguno fuera de él.

CUADRO 1. DESCRIPCIÓN DE LAS CLASES DE EMERGENCIAS

Clase	Descripción relacionada con la protección del público fuera del emplazamiento	Ejemplos de sucesos que dan lugar a esta clasificación	Explicación sencilla para el público
Emergencia general	Sucesos que originan un riesgo real o importante de emisión atmosférica que requiere la aplicación inmediata de medidas protectoras urgentes <sup>a</sup> y otras medidas de respuesta fuera del emplazamiento dentro de la ZMP, la ZPU la DPA y la DPIP.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños graves reales o proyectados<sup>b</sup> del combustible en el núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor<sup>c</sup>.</li> <li>• Pérdida de las funciones de seguridad que se prevé que cause daños graves del combustible en el núcleo del reactor o la piscina de combustible gastado, inclusive pérdida de la capacidad para cumplir las siguientes funciones de seguridad: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ parar el reactor (establecer el control de criticidad del reactor);</li> <li>○ mantener cubierto el núcleo (refrigerar las agujas de combustible);</li> <li>○ eliminar el calor de decaimiento del reactor y la contención;</li> <li>○ mantener los sistemas auxiliares vitales (por ejemplo, la corriente alterna y directa y los sistemas de control, así como la instrumentación).</li> </ul> </li> <li>• Detección de daños graves reales o inminentes del combustible en el núcleo del reactor o la piscina de combustible gastado.</li> <li>• Incapacidad para controlar las funciones de seguridad necesarias para proteger el núcleo o la piscina de combustible gastado del reactor.</li> <li>• Detección de niveles de radiación fuera del emplazamiento que indican daños graves reales del combustible (por ejemplo, más de 100 <math>\mu\text{Sv/h}</math>).</li> </ul>	Ha ocurrido una emergencia en [ <i>insértese el nombre de la central nuclear</i> ], lo que significa que es posible que se produzca una emisión de materiales radiactivos. Si esta ocurre, es probable que las personas que se encuentren dentro de la zona o distancia de emergencia de la central nuclear no estén seguras. Es preciso que sigan las instrucciones de los funcionarios locales que dispondrán lo necesario para su protección, otorgando prioridad a quienes se encuentren más en riesgo. Deberán de inmediato [ <i>insértense las instrucciones apropiadas para aplicar las medidas protectoras recomendadas y otros tipos de respuesta que se indican en el cuadro 4</i> ]. Los funcionarios locales comunicarán cuándo la situación sea segura y no se requieran medidas protectoras ni ninguna otra medida de respuesta.
Emergencia en la zona dentro del emplazamiento	Sucesos causantes de una importante reducción del nivel de protección de quienes se encuentran en el emplazamiento y cerca de la central nuclear que requieren: a) alertar de inmediato al público para que se prepare a tomar medidas protectoras y otras medidas de respuesta;	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condiciones en que otros fallos podrían dar lugar a una emergencia general.</li> <li>• Potencial de perturbación de las funciones de seguridad necesarias para proteger el combustible en la piscina del combustible gastado.</li> <li>• Emisiones derivadas de sucesos<sup>d</sup> que no entrañan daños graves del combustible en el núcleo del reactor o en la piscina de combustible gastado que justifican adoptar medidas protectoras (por ejemplo, restricciones de</li> </ul>	Ha ocurrido una emergencia en [ <i>insértese el nombre de la central nuclear</i> ], que en este momento no representa un riesgo para su seguridad; con todo, es prudente que se preparen para [ <i>insértense las instrucciones apropiadas para aplicar las medidas protectoras recomendadas y otros tipos de respuesta indicados en el cuadro 4</i> ] si se hace necesario garantizar su seguridad. Las siguientes medidas [ <i>insértense medidas adoptadas, por ejemplo, cierre de las escuelas locales</i> ] se están adoptando de manera precautoria. Los funcionarios locales comunicarán cuándo la situación sea



Clase	Descripción relacionada con la protección del público fuera del emplazamiento	Ejemplos de sucesos que dan lugar a esta clasificación	Explicación sencilla para el público
	b) activar las entidades encargadas de la respuesta a emergencias; y c) monitorizar las inmediaciones de la instalación. En el caso de algunas emergencias dentro de la zona del emplazamiento tal vez se deban aplicar medidas protectoras fuera del emplazamiento basadas en la monitorización y el muestreo cuando se rebasen los niveles de intervención operacionales.	ingestión basadas en la monitorización y el muestreo fuera del emplazamiento).	segura y no se requieran medidas protectoras u otras medidas de respuesta. En estos momentos estamos evaluando la situación y tal vez deban adoptar otras medidas una vez que concluyamos la evaluación.
Alerta	Sucesos que entrañan una reducción incierta o importante del nivel de protección del público fuera del emplazamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condiciones anormales que justifican procurar asistencia suplementaria inmediata para el personal de operaciones dentro del emplazamiento.</li> <li>• Condiciones anormales que justifican aumentar el estado de preparación de los funcionarios fuera del emplazamiento.</li> </ul>	Ha ocurrido una emergencia en [ <i>insértese el nombre de la central nuclear</i> ], que el personal de explotación en el emplazamiento está evaluando y tratando de resolver. No representa un riesgo para las personas que se encuentran fuera del emplazamiento y no se requieren medidas protectoras u otras medidas de respuesta. Con todo, es probable que haya disminuido el nivel de protección para quienes se encuentran dentro del emplazamiento. Los funcionarios fuera del emplazamiento están aumentando su estado de preparación en caso de que los hechos justifiquen la protección del público fuera del emplazamiento.

<sup>a</sup> Medida protectora que, en caso de una emergencia, debe adoptarse prontamente para que sea eficaz. En la sección 5 puede obtenerse más información sobre las medidas protectoras y otras medidas de respuesta.

<sup>b</sup> Daños del combustible en el núcleo del reactor o la piscina de combustible gastado que pueden originar una emisión que justifique medidas protectoras urgentes y otras medidas de respuesta fuera del emplazamiento.

<sup>c</sup> Que contiene combustible que requiere refrigeración activa.

<sup>d</sup> Por ejemplo, una emisión de refrigerante del reactor (una rotura del tubo del generador de vapor, por ejemplo) con fuga de combustible.

Solo una emergencia dentro de la zona del emplazamiento y una emergencia general justifican una respuesta fuera del emplazamiento para alertar al público o aplicar medidas protectoras y otras medidas de respuesta. La emergencia dentro de la zona del emplazamiento supone que cualquier nuevo fallo en la central nuclear originará daños graves del combustible en el núcleo del reactor o la piscina de combustible gastado. Por tanto, después de declararse una emergencia dentro de la zona del emplazamiento es prudente indicar al público que se prepare para tomar medidas protectoras y otras medidas de respuesta, activar las entidades de respuesta a emergencias y realizar la monitorización radiológica en las inmediaciones de la central nuclear. La declaración de una emergencia general supone que: a) han ocurrido sucesos en la central nuclear que causarán daños graves del combustible en el núcleo del reactor o la piscina de combustible gastado o b) se han detectado daños graves del combustible. Por consiguiente, la declaración de una emergencia general lleva de inmediato a la aplicación de medidas protectoras urgentes y otras medidas de respuesta para proteger al público.

Se declara una emergencia cuando se rebasa el nivel de actuación de emergencia (NAE). El NAE es un criterio observable predeterminado que si se cumple, lleva consigo la clasificación apropiada de la emergencia y las correspondientes medidas de respuesta. Los NAE se basan en la información que los operadores de la sala de control pueden observar e indican la posibilidad de daños del combustible en el núcleo del reactor o la piscina de combustible gastado.

En la figura 2 se presenta un ejemplo de una secuencia de sucesos que hacen que se rebasen los NAE y llevan a la declaración de una emergencia general, y que originan una emisión que justifica medidas protectoras fuera del emplazamiento. En la figura se indica la probabilidad de que en la progresión de los sucesos se presenten varios problemas (desde el fallo de los sistemas de seguridad de la central nuclear hasta daños reales del combustible) cuando uno de los NAE establecidos para la declaración de una emergencia general se rebasa antes de producirse una emisión.

En este ejemplo hay un suceso imprevisto (con el número 1 en la figura 2) en que se ha producido una rotura de la tubería que causa la pérdida del agua necesaria para enfriar el núcleo y que activa automáticamente los sistemas de seguridad destinados a protegerlo inyectando agua para sustituir la que se está perdiendo. Si estos sistemas de seguridad de la central nuclear pueden hacer frente al suceso, no hay riesgo para la población fuera del emplazamiento y, en consecuencia, no es necesario declarar una emergencia general. Si los sistemas de seguridad no logran resolver lo que en este ejemplo es la pérdida de la capacidad de inyectar agua suficiente en la vasija para mantener cubierto el núcleo (con el número 2 en la figura 2), los NAE se rebasarán y el supervisor de turno declarará una emergencia general y enviará una notificación a los encargados de adoptar decisiones fuera del emplazamiento con el propósito de que se apliquen inmediatamente las medidas protectoras urgentes para el público. Minutos a horas después del fallo de los sistemas de seguridad necesarios para mantener el núcleo refrigerado, el combustible en el núcleo se calentará rápidamente dañándolo y causando su fusión (con el número 3 en la figura 2), lo que también hará que otros NAE se rebasen y dará otra oportunidad para declarar una emergencia general antes de que se produzca una emisión que justifique medidas protectoras fuera del emplazamiento. Cuando el combustible en el núcleo sufra daños, emitirá una gran cantidad de material radiactivo, que podría liberarse a la atmósfera si falla la contención. La contención podría fallar en cualquier momento y es imposible prever cuándo esto sucederá. Así, siempre existe la posibilidad de que después que el combustible sufra daños en el núcleo se produzca una emisión imprevisible a la atmósfera (con el número 4 en la figura 2) con posibles efectos graves para la salud.

Como se señala anteriormente en la sección 2.4, es importante observar que los operadores de la sala de control no pueden prever el momento, la magnitud y la duración de la mayoría de las emisiones graves<sup>43</sup> que justifican medidas protectoras urgentes fuera del emplazamiento. Además, incluso después de una emisión no puede esperarse que los operadores de la sala de control conozcan la magnitud o duración de la emisión porque la mayoría de las emisiones que justifican medidas protectoras fuera del emplazamiento se producen por vías (por ejemplo, fuga de un lugar no

---

<sup>43</sup> Ejemplos de causas imprevisibles de fuga o fallo de la contención que pueden originar una emisión grave son: a) explosiones de hidrógeno, b) sobrepresión, c) derivación y d) no aislamiento. La única vía de emisión previsible es el venteo intencional, ruta en que las emisiones serían de menor magnitud en la mayoría de los casos.

identificado en la contención) que no pueden ser monitorizadas en la sala de control. El fallo de la contención es posible, pero no se espera que ocurra durante las primeras horas después que se produce el suceso que justifica la declaración de una emergencia general; no obstante, es imposible prever si habrá una emisión que pueda causar efectos graves para la salud fuera del emplazamiento.

La secuencia de sucesos ocurridos en la central nuclear de Fukushima Daiichi en el Japón [3, 4] también demostró que el establecimiento de medidas protectoras cuando se proyectan daños del combustible da tiempo para aplicarlas con eficacia antes de una emisión. El accidente de la central nuclear de Fukushima Daiichi comenzó con la interrupción del suministro eléctrico fuera del emplazamiento a causa del terremoto; media hora después ocurrió el tsunami, que llevó a la pérdida de toda la energía dentro del emplazamiento y de la capacidad de suministro de agua de refrigeración al combustible en el núcleo de la Unidad 1, que causaría daños graves del combustible en cuestión de horas a menos que se restaurase la inyección del agua de refrigeración. El personal de la central nuclear reconoció la pérdida del suministro de agua de refrigeración al núcleo de la Unidad 1, por lo que se comunicó rápidamente con el gobierno japonés para informarle de que se trataba de un estado de emergencia nuclear<sup>44</sup> [3].

Unas dos horas después de la pérdida del suministro de agua de refrigeración al núcleo de la Unidad 1, el agua de la vasija que contenía el combustible cayó por debajo de su tope [10] y este comenzó a calentarse rápidamente en cuestión de horas, lo que provocó su fusión y la emisión de una gran cantidad de material radiactivo a la contención, momento en que fue posible que se produjera una emisión causante de efectos en la salud fuera del emplazamiento. Días después ocurrieron daños graves del núcleo en las Unidades 2 y 3. La evacuación de la población cercana a la central nuclear comenzó unas seis horas después del tsunami y terminó antes de que comenzara la emisión.

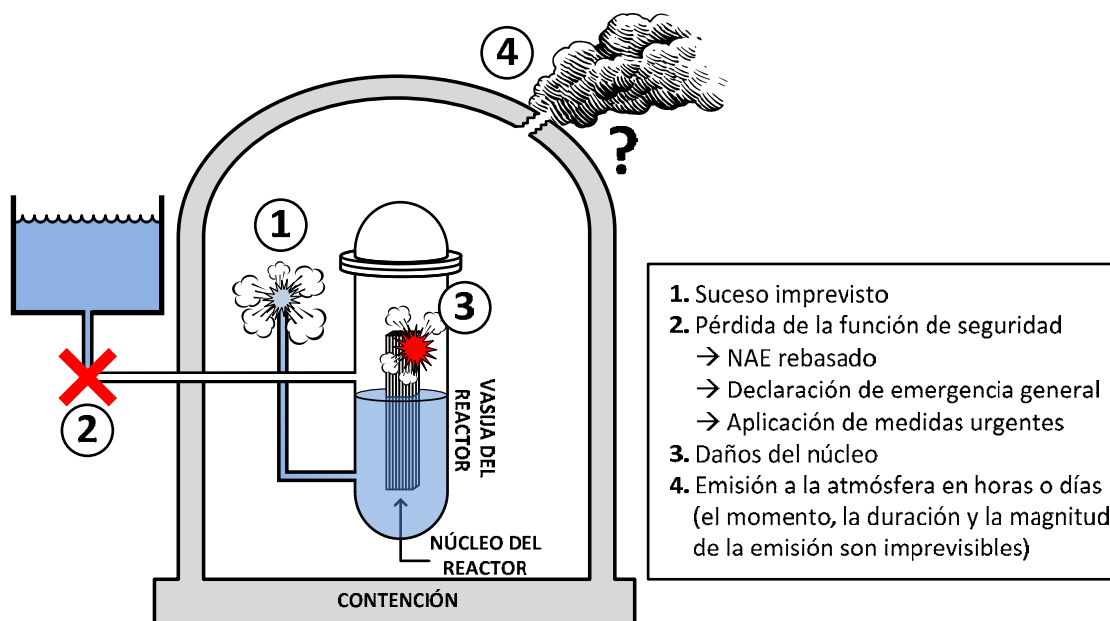


Fig. 2. Secuencia de sucesos conducentes a una emisión de material radiactivo a la atmósfera que justifica medidas protectoras fuera del emplazamiento.

Los responsables de las disposiciones de preparación y respuesta ante emergencias no deben dar por supuesto que la emergencia general debe estar precedida por una alerta o una emergencia dentro de la zona del emplazamiento. Las medidas de respuesta deben concebirse para ponerse en práctica inmediatamente

<sup>44</sup> Esta situación se habría declarado como emergencia general conforme al sistema de clasificación de emergencias del OIEA [1] porque podía haber causado daños graves del combustible.

después de la declaración de una emergencia general<sup>45</sup>. Lo más probable es que una emergencia que justifique medidas protectoras urgentes fuera del emplazamiento comience como una emergencia general.

Los operadores de la sala de control monitorizan el estado de los sistemas necesarios para proteger el núcleo del reactor y la piscina del combustible gastado. Pueden declarar una emergencia general y comenzar así a aplicar una respuesta inmediata y coordinada, en la mayoría de los casos, antes de que se produzca una emisión. El supervisor de turno de la central nuclear debe encargarse de declarar la emergencia porque es la única persona que posee suficiente información y conocimiento de la situación para notificar esa declaración. Para clasificar y declarar prontamente una emergencia, el supervisor de turno debe tener la responsabilidad, la autoridad, los procedimientos, la capacitación y los criterios necesarios para hacerlo. Para que el sistema de clasificación de emergencias funcione con eficacia, los encargados de adoptar decisiones fuera del emplazamiento deben conocer su fundamento y estar dispuestos a actuar inmediatamente después de que el supervisor de turno notifique la declaración de una emergencia general. En las refs. [1, 11] se formulan otras orientaciones sobre el sistema de clasificación de emergencias.

#### **4. ZONAS Y DISTANCIAS DE EMERGENCIA FUERA DEL EMPLAZAMIENTO**

Además del sistema de clasificación de emergencias, durante la etapa de preparación deben definirse por anticipado las zonas y distancias de emergencia fuera del emplazamiento que rodean la central nuclear. Esto se hace con el propósito de asegurar que puedan aplicarse con prontitud medidas protectoras eficaces y otras medidas de respuesta para proteger al público que sean compatibles con el grado de peligro. Deben definirse cuatro zonas:

- zona de medidas precautorias (ZMP);
- zona de planificación de medidas protectoras urgentes (ZPU);
- distancia de planificación ampliada (DPA); y
- distancia de planificación aplicable a la ingestión y los productos básicos (DPIP).

Las zonas y distancias de emergencia se describen en el cuadro 2 y los tamaños sugeridos de las zonas y distancias se indican en el cuadro 3. El tamaño y los límites de las zonas y distancias deben ajustarse específicamente al emplazamiento. Debido a las grandes variaciones en los emplazamientos y las características de las centrales nucleares, el establecimiento de un solo conjunto de distancias específicas que sean más eficaces para todas las centrales nucleares queda fuera del alcance de esta publicación. Por tanto, los tamaños de las zonas y distancias que figuran en el cuadro 3 deben considerarse como una primera aproximación que deberá ajustarse a los diseños concretos de la central, los escenarios de emergencia y las condiciones locales.

Los tamaños de las zonas y las distancias pueden establecerse sobre la base de análisis específicos de la central nuclear en la medida en que se consideren emisiones representativas de las previstas para una emergencia relacionada con daños graves del combustible del reactor, como se muestra en el apéndice I. Zonas de emergencia (ZMP y ZPU) son aquellas en que se establecen disposiciones exhaustivas en la etapa de preparación para aplicar rápidamente, tras la declaración de una emergencia general, medidas protectoras urgentes y otras medidas de respuesta como las que se resumen en el cuadro 4. Las distancias de emergencia (DPA y DPIP) deben determinarse en la etapa de preparación para definir las zonas en que quizás sea necesario adoptar medidas durante la respuesta pero para las que se establecen de antemano solo disposiciones limitadas. En las figuras 3 y 4 se muestran estas zonas y distancias de emergencia, que es importante señalar que no terminan en las fronteras nacionales. Los tamaños sugeridos en el cuadro 3 representan un criterio de la distancia dentro de la cual es razonable adoptar disposiciones por anticipado para garantizar una respuesta eficaz. En las emergencias en que se han postulado posibles consecuencias más graves, es probable que se deban adoptar medidas protectoras más allá del tamaño sugerido. La base de los tamaños sugeridos se analiza en el apéndice I.

---

<sup>45</sup> Los encargados de adoptar decisiones fuera del emplazamiento no deben dar por supuesto que tendrán tiempo para activar las entidades de respuesta antes de que el público deba ser alertado.

Los tamaños de la ZMP y la ZPU se explican en función del radio de un círculo trazado alrededor de la central nuclear. No obstante, los límites reales de las zonas deben definirse con puntos de referencia locales (por ejemplo, carreteras, límites administrativos, ríos) para que el público y los encargados de dar respuesta a la emergencia puedan detectarlos fácilmente, como se muestra en las figuras 3 y 4. El confin de la ZMP y la ZPU debe establecerse de modo que se garantice la evacuación más eficaz. Por ejemplo, si la zona a una distancia de 5 km de la central nuclear puede evacuarse con mayor rapidez si se excluye una ciudad, en el confin de la ZMP que se establezca debe excluirse la ciudad, como se indica en la figura 5.

CUADRO 2. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS Y DISTANCIAS DE EMERGENCIA

Zonas y distancias de emergencia	Descripción
Zona de medidas precautorias (ZMP)	Zona en que se adoptan disposiciones exhaustivas en la etapa de preparación para notificar al público y hacer que este comience a tomar medidas protectoras urgentes y otras medidas de respuesta enunciadas en el cuadro 4 en el curso de una hora tras la declaración de una emergencia general por el supervisor de turno de la central nuclear. El objetivo es aplicar medidas protectoras y otras medidas de respuesta antes de que comience una emisión que justifique medidas protectoras fuera del emplazamiento <sup>a</sup> y prevenir efectos deterministas graves. El confin de la ZMP se establece para minimizar el tiempo de evacuación. La evacuación de la ZMP a un lugar más allá de la ZPU tiene mayor prioridad que la evacuación de la ZPU. Dentro de esta zona también se adoptan disposiciones para proteger al personal de instalaciones especiales como hospitales, centros de asistencia y cárceles que no pueden evacuarse de inmediato.
Zona de medidas de planificación de medidas protectoras urgentes (ZPU)	Zona en que se adoptan disposiciones exhaustivas en la etapa de preparación para notificar al público y hacer que este comience a adoptar medidas protectoras urgentes y otras medidas de respuesta mencionadas en el cuadro 4 en el curso de una hora tras la declaración de una emergencia general por el supervisor de turno. El objetivo es aplicar medidas protectoras y otras medidas de respuesta antes o poco después de que comience una emisión que justifique medidas protectoras fuera del emplazamiento <sup>a</sup> , pero de tal manera que no se demore la aplicación de las medidas protectoras urgentes y otras medidas de respuesta dentro de la ZMP. Dentro de esta zona también se adoptan disposiciones para proteger al personal de instalaciones especiales como hospitales, centros de asistencia y cárceles que no pueden evacuarse de inmediato.
Distancia de planificación ampliada (DPA)	Distancia a la que se adoptan disposiciones en la etapa de preparación para que después de la declaración de una emergencia general: a) se den instrucciones para reducir la ingestión accidental; y b) se realice la monitorización de tasa de dosis por deposición para ubicar los puntos activos después de una emisión que pudiera requerir la evacuación en el plazo de un día y el realojamiento en el plazo de una semana a un mes. La evacuación de los pacientes y las personas que necesiten cuidados especializados se haría a lugares situados fuera de la DPA para asegurar que no se requieran nuevas evacuaciones después de una emisión.
Distancia de planificación aplicable a la ingestión y los productos básicos (DPIP)	<p>Distancia a la que se adoptan disposiciones en la etapa de preparación de manera que tras la declaración de una emergencia general se den instrucciones para: a) colocar los animales que pastan en la zona en lugares de alimentación protegidos (por ejemplo, cubiertos), b) proteger los suministros de agua potable que se alimentan directamente de agua de lluvia (por ejemplo, desconectar las tuberías de recogida de agua de lluvia), c) restringir el consumo de productos locales no esenciales, productos silvestres (por ejemplo, setas y caza), leche de animales que pastan en la zona, agua de lluvia y piensos, y d) detener la distribución de productos básicos hasta que se realicen nuevas evaluaciones.</p> <p>La distancia de planificación aplicable a la ingestión y los productos básicos también es la distancia dentro de la que se adoptan disposiciones en la etapa de preparación para recoger y analizar, durante la emergencia, muestras de productos locales, productos silvestres (por ejemplo, setas y caza), leche de animales que pastan en la zona, agua de lluvia, piensos y productos básicos para confirmar la idoneidad de los controles.</p>

<sup>a</sup> Como se examina en la sección 5.2, las evacuaciones no deben demorarse por el hecho de que una emisión esté en curso si pueden realizarse con seguridad.

CUADRO 3. TAMAÑOS SUGERIDOS PARA LAS ZONAS Y DISTANCIAS DE EMERGENCIA

Zonas y distancias de emergencia	Radio máximo sugerido (km) <sup>a, b</sup>	
	≥ 1000 MW(t)	100 <sup>c</sup> a 1000 MW(t)
Zona de medidas precautorias (ZMP) <sup>d</sup>	3 a 5	
Zona de planificación de medidas protectoras urgentes (ZPU) <sup>d</sup>	15 a 30	
Distancia de planificación ampliada (DPA)	100	50
Distancia de planificación aplicable a la ingestión y los productos básicos (DPIP)	300	100

<sup>a</sup> Los radios máximos sugeridos se basan en juicios hechos después de examinarse las referencias y los cálculos que figuran en el apéndice I. Los cálculos se efectuaron suponiendo emisiones que se consideraba que eran representativas de las previstas para una emergencia relacionada con daños graves del combustible del reactor. Los tamaños de las zonas y distancias consignados en el cuadro 3 representan una primera aproximación. Los tamaños pueden establecerse sobre la base de análisis específicos de las condiciones locales y de la central nuclear, en la medida en que se consideren emisiones que sean representativas de las previstas para una emergencia relacionada con daños graves del combustible del reactor, como las mencionadas en el apéndice I.

<sup>b</sup> Radio de un círculo de la central nuclear que abarca el confin exterior de la zona. Se establece un campo de variación para introducir cierta flexibilidad; no obstante, deben evitarse los límites que rebasen en un factor superior o inferior a dos el margen recomendado porque ello podría reducir la eficacia de las medidas protectoras y otras medidas de respuesta conexas, como se examina en el apéndice I.

<sup>c</sup> Se considera muy improbable que las centrales nucleares con niveles de potencia inferiores a 100 MW(t) puedan originar una emisión de productos de fisión que cause exposiciones fuera del emplazamiento con dosis que causen efectos deterministas graves. Por consiguiente, en esta publicación no se recomiendan zonas de emergencia para centrales nucleares que tengan niveles de potencia inferiores a 100 MW(t).

<sup>d</sup> El confin real de las zonas no debe ser un círculo, pero sí debe definirse utilizando puntos de referencia locales (por ejemplo, carreteras, fronteras políticas, ríos) para facilitar su identificación por el público y los encargados de la respuesta a una emergencia.

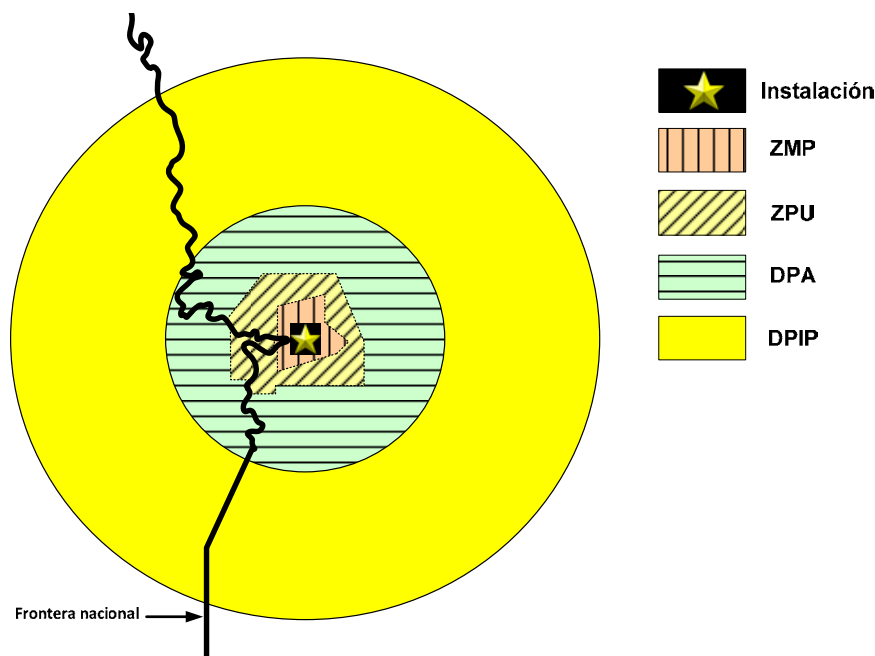


Fig. 3. Zonas y distancias de emergencia.

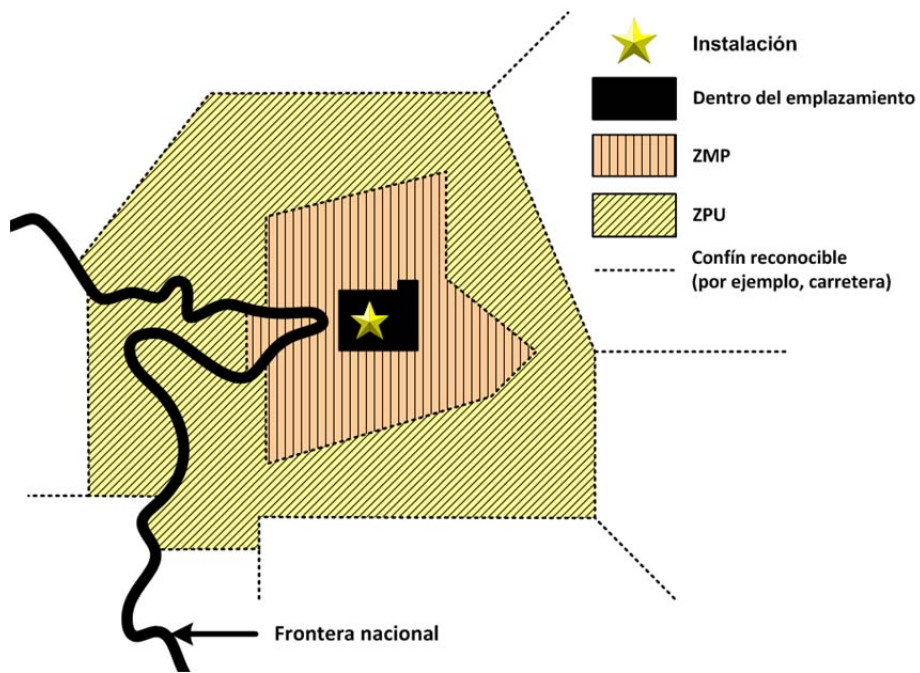


Fig. 4. Ejemplo de establecimiento de confines para la ZMP y la ZPU.

Confín de la ZMP o la ZPU

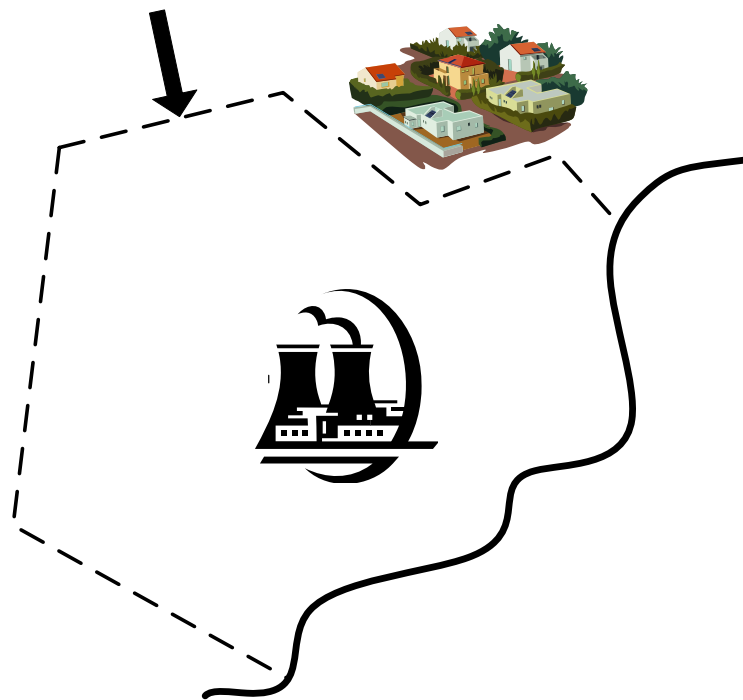


Fig. 5. Ejemplo de una ZMP o una ZPU en cuyo confín se excluye una ciudad para posibilitar una rápida evacuación.

## **5. MEDIDAS PROTECTORAS URGENTES, MEDIDAS PROTECTORAS INICIALES Y OTRAS MEDIDAS DE RESPUESTA**

Es posible adoptar dos categorías de medidas protectoras y otras medidas de respuesta fuera del emplazamiento en respuesta a una emergencia derivada de los daños causados al núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor:

- las medidas protectoras urgentes y otras medidas de respuesta deben adoptarse con prontitud (normalmente en cuestión de horas) para que sean eficaces; su eficacia se reducirá considerablemente si se demoran. Las medidas protectoras urgentes y otras medidas de respuesta comprenden la profilaxis con yodo de la tiroides, la evacuación, el alojamiento provisional en refugios, medidas para reducir la ingestión accidental, la descontaminación de las personas, la prevención de la ingestión de alimentos, leche o agua potencialmente contaminados y la identificación de quienes necesitan ser sometidos a un examen médico;
- las medidas protectoras iniciales y otras medidas de respuesta pueden aplicarse en un lapso de días a semanas y seguir siendo eficaces. Las medidas protectoras iniciales y otras medidas de respuesta más comunes son el realojamiento, las restricciones a más largo plazo del consumo de alimentos contaminados y la inscripción en registro de quienes necesitan ser sometidos a un cribado.

Estas medidas pueden aplicarse de dos formas. La primera consiste en comenzar a aplicar las medidas dentro de las zonas y distancias de emergencia predeterminadas tras la declaración de una emergencia general (véase al cuadro 4) y la segunda es comenzar a aplicar las medidas después de una emisión como resultado de la monitorización, la comparación de los resultados con NIO por defecto y la determinación de zonas en que se rebasen los NIO (véase la sección 6).



#### CUADRO 4. MEDIDAS PROTECTORAS URGENTES Y OTRAS MEDIDAS DE RESPUESTA PARA EL PÚBLICO EN UNA EMERGENCIA GENERAL

- Dar instrucciones a quienes se encuentran en la ZMP para tomar inmediatamente un agente bloqueador de la tiroides<sup>a</sup>, reducir la ingestión accidental<sup>b</sup>, y evacuar a esas personas con seguridad<sup>c</sup> más allá de la ZPU.
- Dar instrucciones a quienes se encuentran en la ZPU para:
  - Mantenerse en interiores (en los refugios establecidos) hasta la evacuación, tomar un agente bloqueador de la tiroides<sup>a</sup> y reducir la ingestión accidental<sup>b</sup>;
  - si es posible<sup>d</sup> que se produzca una emisión grave, dar instrucciones a la población para evacuar con seguridad<sup>c, e</sup> más allá de la ZPU cuanto antes sin demorar la evacuación del público situado dentro de la ZMP<sup>f</sup>.
- Dar instrucciones a quienes se encuentran en la ZMP y la ZPU que no puedan ser evacuados con seguridad<sup>e</sup> para tomar un agente bloqueador de la tiroides de inmediato, dirigirse a lugares bajo techo (en la medida posible, refugiarse en edificios grandes<sup>g, h</sup>), cerrar las ventanas y puertas, y mantenerse alerta a la radio, la televisión o consultar Internet a la espera de nuevas instrucciones.
- Dar instrucciones a los sistemas de transporte (aéreo, terrestre, marítimo) para evitar la ZMP y la ZPU.
- Dar instrucciones a quienes se encuentran en la DPA para reducir la ingestión accidental<sup>b</sup> hasta que se evalúen los niveles de deposición.
- Dentro de la DPIP promulgar instrucciones para:
  - llevar los animales a lugares de alimentación protegidos (cubiertos) según corresponda y sea factible;
  - proteger las fuentes de alimento y agua potable (por ejemplo, desconectar las tuberías de recogida de agua de lluvia);
  - detener la distribución y el consumo de productos locales no esenciales<sup>i</sup>, productos silvestres (por ejemplo, setas y caza), leche de animales que pastan en la zona, agua de lluvia y piensos hasta que se evalúen los niveles de concentración en función del NIO7;
  - detener la distribución de productos básicos hasta que estos se hayan evaluado; y
  - aplicar controles para garantizar que todo el comercio cumpla las normas internacionales y asegurar a las partes interesadas (por ejemplo, otros Estados) que dichos controles se aplican (véase la sección 5.9).
- Efectuar la inscripción en registro y la monitorización para verificar si se ha rebasado el NIO4 o el NIO8, la descontaminación y el cribado de conformidad con las recomendaciones formuladas en la sección 2.3 y estimar la dosis en las personas que se encontraban en la ZMP y la ZPU para determinar si se justifica un examen o asesoramiento y seguimiento médicos.

<sup>a</sup> Si con ello no se demora la evacuación.

<sup>b</sup> Aconsejar no beber, comer o fumar y mantener las manos alejadas de la boca hasta que se hayan lavado y no jugar al aire libre o realizar otras actividades que produzcan polvo que pueda ingerirse.

<sup>c</sup> “Evacuar con seguridad” significa no poner en peligro la vida de los evacuados. Los pacientes y quienes requieran atención especializada deberían ser evacuados más allá de la DPA a fin de evitar la necesidad de realizar varias evacuaciones. Como se examina en la sección 5.2, las evacuaciones no deben demorarse por el hecho de que una emisión esté en curso.

<sup>d</sup> Condiciones de emergencia general (véase la sección 3).

<sup>e</sup> Si no es posible la evacuación inmediata (por ejemplo, por nieve, inundaciones o falta de transporte o de una instalación especial como un hospital), el público debe refugiarse en edificios grandes si es viable —solo por un breve período— hasta que sea posible la evacuación con seguridad.

<sup>f</sup> La evacuación de la ZMP debe recibir más prioridad que la evacuación de la ZPU. De ser necesario, la evacuación de la ZPU debe demorarse hasta el momento en que no interfiera en la evacuación de la ZMP. La evacuación de la ZPU puede efectuarse gradualmente de tal manera que las zonas en riesgo inmediato sean evacuadas primero (por ejemplo, considerando la dirección proyectada del viento), o de forma que se aplique con la mayor eficacia (por ejemplo, optimización de la red vial existente). Aun así, es probable que en última instancia la ZPU tenga que evacuarse en todas las direcciones debido a los cambios del viento que podrían tener lugar durante una emisión o durante todo el tiempo que dure una posible emisión grave.

<sup>g</sup> Los miembros del personal de instalaciones especiales (es decir, instalaciones cuyos residentes no pueden trasladarse de inmediato (por ejemplo, hospitales, centros de asistencia, cárceles), de instalaciones necesarias para apoyar la respuesta (por ejemplo, instalaciones de comunicaciones), o de instalaciones en que se necesite protección para evitar otros peligros (por ejemplo, instalaciones químicas)), deben ser designados y protegidos como trabajadores de emergencias (por ejemplo, estableciendo disposiciones para la monitorización y valores orientativos (véase el cuadro 4 de la ref. [1])).

<sup>h</sup> En las instalaciones especiales (por ejemplo, hospitales) en que se haya determinado previamente dar refugio como medida protectora inicial deben adoptarse disposiciones para la monitorización de tasas de dosis por anticipado, cuando se establezcan las disposiciones del plan de emergencia.

<sup>i</sup> Productos locales son los alimentos cultivados en espacios abiertos que pueden verse afectados directamente por la emisión y que se consumen en pocas semanas (por ejemplo, verduras).

## 5.1. PROFILAXIS CON YODO DE LA TIROIDES

Cuando el combustible del núcleo del reactor o el combustible extraído recientemente del núcleo se sobrecalienta pueden liberarse grandes cantidades de yodo radiactivo. Las personas evacuadas de la ZMP o la ZPU o alojadas en refugios dentro de estas zonas *durante* una emisión pueden inhalar suficiente yodo radiactivo para que sufra daños la tiroides y aumente considerablemente la posibilidad de desarrollar cáncer de tiroides radioinducido. También pueden producirse efectos graves para la salud<sup>46</sup> en un feto por la dosis en la tiroides fetal como resultado de la concentración de yodo en la glándula (la tiroides fetal funciona después de unas 10 semanas de gestación).

La incorporación por la glándula tiroides de yodo radiactivo debida a su inhalación puede reducirse tomando yodo estable (no radiactivo). Esto se conoce como profilaxis con yodo de la tiroides o profilaxis con yodo estable porque el yodo estable satura la tiroides y reduce notablemente la absorción del yodo radiactivo. Para que sea eficaz, el yodo estable debe tomarse ante o poco después de la incorporación (es decir, en un lapso de 2 horas de la inhalación o ingestión del yodo radiactivo) [12]. Como se analiza en el apéndice I, la dosis por inhalación de yodo radiactivo de las personas en la ZMP y la ZPU puede ser suficiente para causar efectos deterministas graves en la tiroides y el feto, por lo que el alojamiento en refugios o la evacuación después de producirse una emisión tal vez no provean suficiente protección para prevenir estos efectos. Por tanto, para reducir la posibilidad de estos efectos, es necesario que el agente bloqueador de la tiroides se distribuya con anterioridad de manera que puedan tomarlo inmediatamente las personas en sus hogares y en las escuelas, lugares de trabajo, hospitales y otras instalaciones especiales de la ZMP y la ZPU con las instrucciones necesarias para su uso a fin de que pueda tomarse de inmediato después de la declaración de una emergencia general (detección de condiciones en la central nuclear que indiquen una posible emisión). La distribución previa es necesaria porque quizás no se pueda distribuir el agente bloqueador de la tiroides durante una emergencia en el momento requerido para aplicarlo con eficacia debido a que es imposible prever el momento en que puede ocurrir una emisión de material radiactivo después que se producen daños en el núcleo.

La OMS recomienda [13] que, a falta de instrucciones explícitas distintas procedentes de las autoridades de salud pública, solo debería tomarse una dosis de agente bloqueador de la tiroides. Generalmente basta tomar una dosis única para lograr protección adecuada durante 24 horas. En el caso de una exposición prolongada o reiterada, las autoridades de salud pública pueden aconsejar que se tome más de una dosis. En esas circunstancias, no deberían recibir dosis repetidas del agente bloqueador de la tiroides los neonatos (< 1 mes) y las mujeres embarazadas o lactantes.

Por consiguiente, las aplicaciones múltiples del agente bloqueador de la tiroides pueden no ser una alternativa de la evacuación en una situación de exposición prolongada (más de 24 horas). El agente bloqueador se administra principalmente como medio de protección mientras se adoptan disposiciones para poner en práctica una evacuación en condiciones de seguridad.

El agente bloqueador de la tiroides es seguro y eficaz si se administra el yodo estable en las dosis correctas. A este respecto deben cumplirse las orientaciones de la Organización Mundial de la Salud [13].

## 5.2. EVACUACIÓN

La evacuación, cuando se realiza antes de una emisión, puede prevenir la exposición a todas las vías posibles. La evacuación también aleja a las personas de la zona de la emergencia y de ese modo se evita que sigan representando una preocupación inmediata para los encargados de gestionar la respuesta.

Como se analiza en el apéndice I, la evacuación dentro de la ZMP que se comienza antes de una emisión conjuntamente con la profilaxis con yodo de la tiroides es la medida protectora preferida ante una emergencia que entrañe daños graves en el combustible de todos los reactores con niveles de potencia superiores a 100 MW(t). Esto es necesario para prevenir efectos deterministas graves e

---

<sup>46</sup> “Efectos graves para la salud” son efectos deterministas y efectos estocásticos graves, es decir, cánceres radioinducidos.

impedir que las dosis superen los criterios genéricos internacionales [1] que exigen la adopción de medidas protectoras urgentes u otras medidas de respuesta.

En los reactores con niveles de potencia superiores a 1000 MW(t) es preciso realizar la evacuación dentro de la ZPU para impedir que las dosis superen los criterios genéricos internacionales [1] que exigen la adopción de medidas protectoras urgentes u otras medidas de respuesta.

En el apéndice I también se indica que el refugio en edificios grandes puede prevenir dosis letales y contribuye a reducir considerablemente todas las dosis; por tanto, si la evacuación se demora o si no es posible una evacuación inmediata (por ejemplo, debido a la nieve, inundaciones, la falta de transporte o de instalaciones especiales, como hospitales) el público debe refugiarse en edificios grandes si ello es viable hasta que sea posible evacuarlo con seguridad.

La evacuación de pacientes y personas que requieran atención especializada de la ZMP y la ZPU se haría a lugares situados fuera de la DPA para asegurar que no se requieran nuevas evacuaciones después de una emisión.

Se han planteado preocupaciones por posibles congestiones del tráfico o “evacuaciones paralelas”<sup>47</sup> que demoren una evacuación de la ZMP. Por este motivo se recomienda la evacuación gradual (es decir, la evacuación de la ZMP a un lugar fuera de la ZPU en primera instancia, seguida por la evacuación de la ZPU).

La evacuación a velocidades superiores al ritmo de marcha (unos 5 km/h), incluso en el penacho (es decir, durante una emisión), es más eficaz que el alojamiento en refugios [14, 15, 16] y como la emisión puede ocurrir durante varios días, las evacuaciones no deben demorarse por el hecho de que una emisión esté en curso si se pueden efectuar con seguridad.

Las evacuaciones son seguras y se realizan frecuentemente en respuesta a emergencias que entrañan peligros naturales y de origen humano. La experiencia ha demostrado que los funcionarios locales pueden evacuar rápidamente una zona con eficacia sin ninguna planificación anticipada [17]. Sin embargo, la evacuación puede ser peligrosa para poblaciones especiales (por ejemplo, pacientes de hospitales) si no se planifica correctamente [18].

Los evacuados deben tomar un agente bloqueador de la tiroides, si ello puede hacerse sin demorar la evacuación, a fin de lograr protección contra la inhalación de material radiactivo del penacho.

### 5.3. ALOJAMIENTO EN REFUGIOS

En esta publicación se examinan dos tipos de alojamiento en refugios:

- refugio “*in situ*”, en que las personas que se encuentran en una zona de riesgo potencial reciben instrucciones para ‘mantenerse en interiores, cerrar las ventanas y puertas y mantenerse alerta a la radio o la televisión a la espera de nuevas instrucciones’.
- refugio en edificios grandes (también denominados “refugios importantes” [19]), lejos de ventanas y con la ventilación de aire exterior apagada.

El alojamiento en refugios es una medida a corto plazo a la que solo puede recurrirse durante unos días. Se utiliza habitualmente como medida temporal siempre que no sea posible la evacuación inmediata y segura (por ejemplo, de instalaciones especiales<sup>48</sup> cuya evacuación inmediata sea peligrosa, y siempre que las condiciones hagan imposible o peligrosa la evacuación inmediata (por

---

<sup>47</sup> La evacuación paralela es la evacuación espontánea oficiosa que llevan a cabo miembros del público situados fuera de la zona en que se recomiendan oficialmente las evacuaciones.

<sup>48</sup> Entre las instalaciones especiales se incluyen los centros de telecomunicaciones que deben estar dotados de personal para mantener las telecomunicaciones, las plantas químicas que no pueden ser evacuadas hasta que se hayan adoptado ciertas medidas para prevenir incendios o explosiones y los hospitales con pacientes que no pueden ser evacuados de inmediato y las cárceles.

ejemplo, en condiciones meteorológicas extremas)). El refugio no debería utilizarse durante más de un día a menos que se hayan adoptado disposiciones por anticipado para: a) satisfacer las necesidades de las personas refugiadas (por ejemplo, de alimentos, agua, saneamiento, electricidad, asistencia médica, etc.), b) mantener informadas a las personas refugiadas; y c) monitorizar las dosis a fin de asegurar la eficacia del alojamiento en refugios cuando esta sea la medida adoptada. Esta medida por sí misma nunca se considera una protección adecuada contra una emisión procedente del núcleo de un reactor dañado o una piscina de combustible gastado (como se muestra en el apéndice I), y debe ir unida a la profilaxis con yodo de la tiroides si es posible. Por tanto, como se examina en la sección 5.1, el alojamiento en refugios debe restringirse por el hecho de que quizás no sea apropiado que el público tome un agente bloqueador de la tiroides durante más de un día.

La eficacia del alojamiento en refugios depende de la construcción del edificio que se utilice y su capacidad para brindar protección eficaz contra todas las vías de exposición importantes<sup>49</sup>. Como se expone en el apéndice I, el refugio “establecido” en una casa típica y el refugio en un edificio grande tal vez no proporcionen protección adecuada contra una emisión que justifique medidas protectoras fuera del emplazamiento dentro de la ZMP o la ZPU.

No obstante, el refugio en edificios grandes puede prevenir dosis letales y también sirve para reducir considerablemente todas las dosis; en consecuencia, si no es inmediatamente posible realizar una evacuación con seguridad, debe utilizarse como refugio un edificio grande si es posible.

Además, en las instalaciones especiales donde el alojamiento en refugios es la medida protectora urgente predeterminada, el personal que debe mantenerse refugiado en ellas debe recibir la capacitación y el equipo que se facilitan a los trabajadores de emergencias durante el proceso de preparación para emergencias o se deben adoptar disposiciones para darles a conocer esas recomendaciones durante la emergencia. El personal debe ser capaz de monitorizar la tasa de dosis para confirmar la eficacia de la protección que se confiere al personal y el público.

En el apéndice I se proporciona más información sobre el motivo por el que todos los que reciben refugio deben también tomar el agente bloqueador de la tiroides.

#### 5.4. REALOJAMIENTO

Realojamiento es el traslado no urgente de personas para evitar la exposición a más largo plazo a materiales radiactivos depositados en el suelo. Las zonas que requieren realojamiento suelen determinarse en función de una monitorización que indica que los lugares en que las tasas de dosis pueden ser mayores que los valores NIO2. También puede requerirse el realojamiento si las personas residen en zonas en que los alimentos y el agua están contaminados por encima de los valores NIO7 y no pueden sustituirse esos alimentos o el agua.

En el caso de una emergencia relacionada con una emisión procedente del núcleo de un reactor o de combustible gastado, la existencia de puntos activos tal vez requiera el realojamiento en zonas situadas dentro de la DPA. Las pautas de deposición pueden ser muy complejas, por lo que deben elaborarse estrategias para hacer frente a esta complejidad, como se examina en la sección 6.3.

El realojamiento es una medida protectora no urgente y, por tanto, se dispone de tiempo (de una semana a un mes) para que las personas que sean realojadas tomen medidas deliberadas para atender a sus necesidades personales, como por ejemplo: tener en cuenta lo necesario para sus animales domésticos, recoger sus posesiones importantes, asegurar sus bienes o proveer lo necesario para los animales de granja. También se tendrá algún tiempo para que los funcionarios fuera del emplazamiento tomen disposiciones para albergar y atender a las personas realojadas; no obstante, el realojamiento debe efectuarse en el curso de algunos días a un mes para reducir con eficacia la dosis en la población. Los motivos son los siguientes: a) la exposición causante de efectos graves para la salud puede recibirse en unos días en las zonas que muestran tasas de dosis superiores en un factor de

---

<sup>49</sup> Las vías de exposición son las diferentes rutas, o vías, por las que pueden quedar expuestas las personas a la radiación.

dos a los valores NIO1 que justifican la evacuación y b) gran parte de la dosis que justifica el realojamiento puede recibirse durante el primer mes en que se superan los valores NIO2.

#### 5.5. PREVENCIÓN DE LA INGESTIÓN ACCIDENTAL

Los materiales radiactivos emitidos del combustible dañado del núcleo o la piscina del combustible gastado pueden depositarse en el suelo u otras superficies (por ejemplo, vehículos). La ingestión accidental de estos materiales radiactivos depositados, como por ingerir alimentos con las manos sucias, puede ser una fuente importante de exposición para quienes residan en la ZMP, la ZPU y la DPA en los primeros días siguientes a una emisión que justifica medidas protectoras fuera del emplazamiento. Por consiguiente, las personas que se encuentren en la ZMP, la ZPU y la DPA deben recibir instrucciones para tomar las medidas siguientes con el fin de prevenir o reducir la dosis debida a una ingestión accidental: a) no beber, comer o fumar y mantener las manos alejadas de la boca hasta que se hayan lavado; b) no dejar que los niños jueguen al aire libre y c) no realizar actividades que puedan originar polvo que pueda ingerirse.

#### 5.6. DESCONTAMINACIÓN DE LAS PERSONAS

La deposición de material radiactivo en la piel suficiente para causar efectos deterministas graves (por ejemplo, quemaduras) solo es posible en el emplazamiento. Las personas que se encuentren en la ZMP o la ZPU podrían quedar expuestas de manera importante por ingestión accidental de material radiactivo depositado en la piel con el paso del penacho radiactivo o por el contacto con materiales depositados en el suelo o en otros objetos. Por tanto, en las orientaciones del OIEA [1] se indica que siempre que las personas puedan quedar contaminadas, se les debe dar instrucciones para mantener las manos alejadas de la boca (prevenir la ingestión accidental), ducharse y cambiarse de ropa lo antes posible. Si no se dispone de medios para la monitorización y la descontaminación, se deben dar seguridades al público de que el riesgo de la contaminación para la salud es reducido. La presencia de material radiactivo en la piel también puede tener graves efectos psicológicos y económicos. Cabe prever la posibilidad de que muchas personas de la zona afectada pidan ser monitorizadas para asegurarse de que no hayan quedado contaminadas. Los niveles de material radiactivo en la piel que superen el NIO4 pueden indicar que la persona ha ingerido o inhalado accidentalmente suficiente material radiactivo para recibir dosis que justifiquen un seguimiento médico. Véase más información en la sección 5.8.

En varias emergencias anteriores [20, 21] las personas potencialmente contaminadas han sido estigmatizadas y rechazadas y el personal médico se ha negado a tratarlas. Sin embargo, como se expone en la sección 2.3, quienes transporten o traten a personas contaminadas pueden hacerlo con seguridad si toman las precauciones universales contra la infección (guantes, máscara, etc.) que proporcionan protección suficiente.

La simple acción de quitarse la ropa exterior y lavarse la piel (de las manos y la cara) reduce considerablemente los niveles de materiales radiactivos presentes. En las emergencias que afectan a muchas personas, las medidas de descontaminación iniciales deben restringirse a estas medidas básicas y solo deben realizarse labores limitadas (es decir, fáciles y sencillas) para controlar los residuos derivados de la descontaminación.

Durante una evacuación es probable que las personas de la zona afectada lleven consigo sus animales domésticos, que en ese caso deberán ser descontaminados. Se recomienda que de ello se encarguen los dueños, a quienes debe recomendarse que los bañen una vez.

## 5.7. RESTRICCIONES DE ALIMENTOS, LECHE Y AGUA POTABLE

El accidente de la central nuclear de Chernóbil, como se examina en el apéndice I, demostró que después de una emisión debida a daños del combustible que justifica medidas protectoras fuera del emplazamiento, el consumo de verduras cultivadas a la intemperie (productos locales, incluidos productos silvestres (por ejemplo, setas y caza), de leche de animales que pastan en zonas contaminadas, y de agua de lluvia son uno de los mayores contribuyentes de dosis. El consumo de agua de lluvia y productos locales pocas horas después de una emisión y el consumo de leche en el curso de unos dos días puede ser preocupante. Los accidentes de Chernóbil y Fukushima también demostraron la necesidad de comunicar los controles establecidos con objeto de dar seguridades al público y las partes interesadas (por ejemplo, otros Estados).

Como se analiza en la sección 6.3, en una situación de emergencia radiactiva las pautas de deposición son muy complejas y cambian constantemente cuando hay una emisión en curso. Incluso las emisiones en curso relativamente pequeñas que se prevé que ocurran en un período de días o semanas pueden originar puntos activos que provoquen una contaminación de alimentos, leche, agua de lluvia y piensos superior a los criterios genéricos internacionales que exigen restricciones del consumo o la distribución [1]. Estas pautas de deposición complejas y cambiantes hacen imposible definir las zonas que justifican una restricción del consumo basada solamente en la monitorización y el muestreo. En consecuencia, tras la declaración de una emergencia general se deben adoptar disposiciones dentro de la DPIP para, de inmediato:

- proteger los alimentos y al agua dando instrucciones al público para proteger las fuentes de agua potable que utilizan agua de lluvia (por ejemplo, desconectar las tuberías de recogida de agua de lluvia) y proteger las fuentes de alimentos que puedan quedar contaminadas, por ejemplo, llevando los animales que pastan en la zona a lugares de alimentación protegidos (por ejemplo, cubiertos), si es posible;
- restringir el consumo y distribución de productos locales no esenciales, productos silvestres (por ejemplo, setas y caza), leche, agua de lluvia y piensos tras una emisión hasta que se tomen muestras de estos y se evalúen;
- adoptar medidas para impedir que los alimentos contaminados (para el consumo humano y animal) entren en el sistema de distribución; y
- asegurar al público y las partes interesadas (por ejemplo, otros Estados) que esos controles se están aplicando.

Después que comience una emisión, se deben comparar las tasas de dosis por deposición en el suelo con los valores NIO3 (véase el cuadro 7) a fin de determinar prontamente otras zonas que justifican la restricción de productos locales, leche, agua de lluvia, piensos y productos básicos sin esperar por los resultados de los dilatados procesos de análisis de laboratorio. Además, es preciso aplicar un sistema de muestreo y análisis de laboratorio que garanticen la idoneidad de los controles basados en los valores NIO de concentraciones de radionucleidos que se establecen durante la fase de preparación para emergencias, como los valores NIO7 consignados en el cuadro 9.

La monitorización y la comparación con los valores NIO3 tienen por objeto determinar dónde los productos locales, la leche de animales que pastan en la zona y el agua de lluvia deben restringirse de inmediato por el hecho de que puedan superar claramente los valores NIO7. No obstante, las medidas de protección de las vías de ingestión no se limitan a determinar dónde se rebasan los criterios NIO3, sino que también incluyen un programa de muestreo y análisis de alimentos, leche y agua en toda la zona afectada, tan pronto pueda establecerse, para determinar si las concentraciones rebasan el NIO7 a los efectos de: a) confirmar la idoneidad de los controles, b) prever restricciones suplementarias, c) disponer el reemplazo de alimentos y d) eliminar las restricciones.

No se deben aplicar restricciones si estas pudieran causar malnutrición u otras consecuencias para la salud.

## 5.8. IDENTIFICACIÓN Y CONTROL MÉDICO DE LAS PERSONAS EXPUESTAS

### 5.8.1. Efectos graves para la salud

En la presente publicación se mencionan como efectos graves para la salud dos tipos de posibles efectos radioinducidos en la salud:

- los efectos deterministas graves; y
- los efectos estocásticos (es decir, cánceres radioinducidos).

Los efectos deterministas graves son los efectos deterministas que pueden causar la muerte o mermar la calidad de vida [9]. Los efectos deterministas ocurren después que se producen exposiciones superiores a un umbral de dosis, y la magnitud del efecto aumenta con el incremento de la dosis. Estos efectos suelen darse días o meses tras la exposición. La dosis en que una persona expuesta sufriría el efecto puede variar con la edad y la salud de esa persona y con el intervalo de tiempo en que recibió la dosis; los resultados de la exposición pueden variar con el tratamiento médico recibido.

Los efectos deterministas graves que es más probable que ocurran en una emergencia relacionada con una emisión procedente del combustible dañado del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor son los siguientes:

- Quemaduras graves por radiación beta en la piel o el tejido blando como resultado de la deposición de material radiactivo (por ejemplo, yodo) en la piel o cerca de ella (por ejemplo, en ropas o agua contaminada). Se prevé que estas quemaduras solo ocurran en las personas que se encuentren en el emplazamiento. Las quemaduras beta fueron un factor que contribuyó a las lesiones mortales que sufrió el personal encargado de la respuesta en el emplazamiento durante el accidente de Chernóbil.
- Efectos letales por altos niveles de sobreexposición corporal entre quienes se encuentren en los primeros 3 a 5 km de distancia del emplazamiento (es decir, dentro de la ZMP) en el caso de la peor emisión postulada.
- Efectos graves no letales en el feto, la tiroides y los órganos reproductores de quienes se encuentren en los primeros 10 a 30 km de distancia (es decir, dentro de la ZMP y la ZPU). Los efectos graves en el feto y la tiroides se deben principalmente a la inhalación de yodo radiactivo.

Se supone que los efectos estocásticos (cánceres radioinducidos) no tienen un umbral de dosis y que la probabilidad de que ocurran (no su gravedad) aumenta con dosis de radiación más altas. Con todo, habrá una dosis por debajo de la cual no pueda detectarse el exceso de cánceres radioinducidos [22, 23, 24], como se examina más adelante en el apéndice III. El cáncer de tiroides radioinducido es la mayor preocupación entre los posibles cánceres radioinducidos que se desarrollan tras una emisión desde el núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor. Esto se debe a que pueden liberarse grandes cantidades de yodo radiactivo. El yodo puede inhalarse, ingerirse al beber agua de lluvia contaminada y leche de animales que pastan en zonas contaminadas, o al comer productos locales contaminados. Una vez que se inhala o ingiere, el yodo radiactivo se concentra en la tiroides y da por resultado dosis muy altas en ese órgano (véase más información en la sección 5.1).

Después del accidente de Chernóbil se pudo detectar claramente un aumento del número de cánceres radioinducidos de tiroides entre el grupo de población de 0 a 18 años de edad (en 1986) que residía a más de 300 km de distancia [25] del lugar del accidente. Esos cánceres se debieron principalmente a las dosis recibidas al beber leche de vacas que pastaban en zonas contaminadas con yodo radiactivo. Los cánceres radioinducidos comenzaron a aparecer en 1990, cuatro años después del accidente de Chernóbil [25, 26]. Sin embargo, estos cánceres no suelen ser potencialmente mortales si se detectan y tratan con prontitud. Este es el motivo por el cual las personas que han inhalado yodo durante la emisión o que pueden haber ingerido alimentos, leche o agua de lluvia contaminados por yodo radiactivo deben ser inscritas en un registro y su dosis debe ser estimada para determinar si se justifica su seguimiento médico<sup>50</sup>.

---

<sup>50</sup> El registro para la estimación de la dosis con objeto de determinar si se justifica el seguimiento médico debe comenzar uno o dos años después de la emergencia a fin de que los datos reunidos puedan servir para indicar la tasa básica de incidencia de cáncer.

Es muy poco probable que se produzca un incremento detectable en la incidencia de otros cánceres radioinducidos (por ejemplo, leucemia) entre el público después de una emisión desde el núcleo dañado de un reactor o una piscina de combustible gastado que justifique medidas protectoras fuera del emplazamiento; para ello debería haber muchas personas que recibieran dosis suficientes para causar efectos deterministas graves [22, 23, 24]. Hasta la fecha solo se ha determinado claramente un aumento detectable de cánceres radioinducidos de tiroides entre el grupo de población de 0 a 18 años de edad (en 1986) que residía en las zonas de Belarús, Rusia y Ucrania afectadas por el accidente de Chernóbil. No hay pruebas científicas que indiquen un incremento de la incidencia de otros cánceres radioinducidos entre el público o de la incidencia de trastornos no malignos que podrían relacionarse con la exposición a la radiación procedente del accidente de Chernóbil [27, 28, 29].

En el apéndice III se examinan más a fondo los efectos radioinducidos en la salud y se indica la dosis umbral en que pueden ocurrir efectos deterministas graves, así como los criterios genéricos internacionales en que se justifican medidas destinadas a prevenir, detectar o tratar eficazmente los efectos estocásticos (cánceres radioinducidos).

### 5.8.2. Examen, consulta y tratamiento médicos inmediatos

Deberían darse instrucciones a los hospitales sobre cómo tratar a pacientes posiblemente contaminados (tomar las precauciones universales contra la infección proporciona suficiente protección). Solamente en las personas con suficiente exposición corporal a la radiación que muestren los síntomas expuestos en la ref. [30] se justifican el examen médico y hospitalización inmediatos (prioritarios) para consultar el tratamiento y controlar los efectos deterministas graves.

### 5.8.3. Seguimiento médico

Para determinar quiénes necesitan recibir seguimiento médico posterior y establecer una base para el asesoramiento informado de las mujeres embarazadas y otras personas, es preciso estimar las dosis para las categorías de personas que figuran en el cuadro 5.

CUADRO 5. DEFINICIÓN DE LAS PERSONAS QUE SERÁN OBJETO DE SEGUIMIENTO MÉDICO

Cuáles	Observaciones
Las que se encuentren dentro de la ZMP y la ZPU durante una emisión o inmediatamente después	Se debe facilitar información sobre su ubicación y actividades durante la emergencia. También se debe monitorizar la dosis en la piel y la tiroides.
Las que se encuentren en zonas donde se rebasó el NIO1 o el NIO2 (véase el cuadro 7).	
Las que tengan una concentración de material radiactivo en la piel superior al NIO4 (véase el cuadro 8)	La contaminación en la piel superior al NIO4 podría indicar que la persona ha inhalado o ingerido accidentalmente suficiente material radiactivo para justificar un seguimiento médico.
Las que tengan una tasa de dosis en la tiroides superior al NIO8 (véase el cuadro 10)	La monitorización de la tiroides y la piel debe realizarse después de haber transcurrido un día y a más tardar seis días después de la exposición.
Las que puedan haber consumido alimentos, leche o agua contaminados con concentraciones superiores al NIO7 (véase el cuadro 9)	
Mujeres embarazadas que se muestren preocupadas	Como se señala más adelante, el riesgo en el feto es reducido, pero solo puede evaluarlo un experto en efectos de la exposición a la radiación en la salud (no médicos locales).



En unas semanas debe aplicarse un programa para estimar la dosis y el consiguiente riesgo para la salud de todas las personas afectadas con el fin de determinar si hay otras personas que puedan necesitar seguimiento médico a largo plazo en función de los criterios genéricos consignados en la ref. [1]. Se debe otorgar prioridad al cálculo de la dosis de las mujeres embarazadas. El procedimiento de estimación de la dosis rebasa el marco de la presente publicación, pero puede obtenerse asistencia para realizar este tipo de estimaciones por conducto del OIEA siguiendo las indicaciones de la ref. [5].

Se debe prestar asesoramiento especializado a todas las personas que sean examinadas, que hayan sido inscritas en un registro para recibir seguimiento médico, que se manifiesten preocupadas por los efectos de la emergencia en su salud, la de sus hijos o de su feto. Solo hay un número limitado de personas en el mundo especializadas en el diagnóstico y tratamiento de los efectos de la exposición a la radiación en la salud. Los exámenes, el tratamiento (véase la ref. [30]) y el asesoramiento médicos deben solo realizarse después de consultar su conveniencia con los expertos (esa asistencia puede obtenerse por medio del OIEA o la Organización Mundial de la Salud, según las indicaciones de la ref. [5]).

Todas las mujeres embarazadas que se encuentren dentro de la ZMP y la ZPU, que estuvieron en zonas donde se rebasó el NIO1 o el NIO2, que recibieron monitorización de la tiroides o la piel o que se manifiesten preocupadas deben inscribirse en un registro y ser informadas de que: a) el riesgo para su feto es reducido, pero que solo puede evaluarlo un experto en efectos de la exposición a la radiación en la salud (no su médico local) y b) que su riesgo será evaluado y que más tarde un funcionario establecerá contacto con ellas para examinar los resultados y responder a sus preguntas.

En varias emergencias anteriores [20] el personal médico se ha negado a tratar a pacientes potencialmente contaminados por no saber cómo protegerse de la contaminación. Se deben establecer disposiciones para informar a los servicios médicos de las inmediaciones que pudieran tratar a pacientes potencialmente contaminados de que las precauciones universales contra la infección (guantes, máscara, etc.) les darán suficiente protección para tratar a los pacientes potencialmente contaminados.

## 5.9. PROTECCIÓN DE LOS INTERESES COMERCIALES INTERNACIONALES

Las emergencias han tenido consecuencias económicas desfavorables. Es preciso dar seguridades a los clientes nacionales e internacionales de que las exportaciones de la región afectada se controlan cuidadosamente para garantizar que no estén contaminadas (es decir, que no rebasen los criterios internacionales aplicables al comercio). Aun cuando no haya ocurrido una emisión importante, la mención de la posibilidad de contaminación de las exportaciones ha provocado consecuencias económicas. Por tanto, es necesario adoptar disposiciones para garantizar que todos los productos comercializables cumplan las normas internacionales y calmar al respecto al público y las partes interesadas (como los Estados importadores). La experiencia ha demostrado que el establecimiento de un sistema de ensayos y certificación puede mitigar el impacto económico en el comercio internacional. En consecuencia, se deben adoptar disposiciones para restringir la distribución de productos básicos dentro de la DPIP hasta que pueda utilizarse la certificación necesaria para verificar que los productos de la zona afectada son inocuos y no rebasan los criterios de comercio internacionalmente acordados, mientras pueden verificarse los productos de las zonas no afectadas con un certificado de origen. Las refs. [2, 31] proporcionan orientación sobre el comercio internacional.

## 5.10. DETENCIÓN O RELAJAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE RESPUESTA

Se deben detener o aplicar con menor rigor las medidas protectoras y otras medidas de respuesta, según proceda, después de tomar en consideración o confirmar las condiciones siguientes:

- no es posible que se produzcan otras emisiones importantes (por ejemplo, la emergencia ya no se clasificaría como emergencia dentro de la zona del emplazamiento o emergencia general);
- ha finalizado la monitorización;
- ha terminado el muestreo y el análisis de alimentos, leche y agua potencialmente contaminados;
- ya no se requieren medidas protectoras y otras medidas de respuesta conformes a los NIO;

- el relajamiento de las medidas de respuesta tendrá más efectos positivos que negativos;
- las partes interesadas han sido consultadas; y
- el público ha sido informado y comprende el motivo del cambio.

Después de declararse el fin de la emergencia, las medidas que se adopten con posterioridad deben basarse en los criterios elaborados después de realizar una cuidadosa evaluación de las condiciones locales, en consulta con las partes interesadas, a fin de asegurar que tengan más efectos positivos que negativos al considerar sus repercusiones en el público.

## **6. MONITORIZACIÓN Y COMPARACIÓN CON LOS NIVELES DE INTERVENCIÓN OPERACIONALES**

Después de la emisión de materiales radiactivos del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor se deben adoptar otras decisiones sobre las medidas protectoras y otras medidas de respuesta en función de las mediciones ambientales. En las orientaciones internacionales [1] se han establecido criterios genéricos que son dosis en que se justifica la adopción de medidas protectoras u otras medidas de respuesta. Los criterios genéricos se establecen a niveles en que:

- se justifican medidas urgentes y medidas iniciales de respuesta a fin de prevenir efectos deterministas graves y reducir el riesgo de efectos estocásticos (cánceres radioinducidos) en la población;
- se justifican actuaciones médicas para detectar y tratar con eficacia los efectos radioinducidos en la salud.

Ahora bien, los criterios genéricos no pueden emplearse directamente en una emergencia porque se aplican en función de la dosis y no de cantidades cuantificables en una emergencia, como la tasa de dosis. En consecuencia, se han establecido elementos operacionales predeterminados por defecto desencadenantes, conocidos como niveles de intervención operacionales (NIO), para las cantidades que se miden por un instrumento de monitorización sobre el terreno o se determinan por análisis de laboratorio. Los NIO por defecto se aplican para activar medidas protectoras en particular y otras medidas de respuesta coherentes con los criterios genéricos. En una emergencia se utilizan NIO por defecto de manera inmediata y directa (sin una evaluación posterior) para decidir las medidas protectoras apropiadas y otras medidas de respuesta.

En esta sección se presentan los NIO utilizados para evaluar una emisión procedente de un LWR o RBMK. Se prevén NIO para la deposición en el suelo (NIO1, NIO2, NIO3), la deposición de material radiactivo en la piel (NIO4), la tasa de dosis superior a la incorporación de yodo en la tiroides (NIO8), así como las concentraciones en alimentos, leche y agua (NIO7) después de la emisión del núcleo desde el núcleo de un reactor dañado o una piscina de combustible gastado que justifican medidas protectoras y otras medidas de respuesta fuera del emplazamiento. En el apéndice II se presenta un resumen de la base para los valores NIO1, NIO2, NIO3, NIO4, NIO7 y NIO8. Obsérvese que el NIO5 y el NIO6 se aplican para otros fines no relacionados con una emisión procedente del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor.

Si los criterios genéricos establecidos en el Estado difieren de los que se indican en la ref. [1], los NIO quizás deban ser revisados, pero ello debe hacerse antes de la emergencia como parte del proceso de preparación. Como se analiza en el apéndice II, los NIO son probablemente adecuados para todas las mezclas de materiales radiactivos emitidos en emergencias que entrañan daños del combustible del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor. Podrían revisarse los NIO para mezclas concretas de radionucleidos; con todo, los procedimientos para hacerlo trascienden el alcance de este documento. Si se le solicita, el OIEA podría prestar apoyo para el cálculo de los NIO basado en mezclas reales detectadas durante una emergencia. Debe tenerse cuidado de no revisar los NIO durante una emergencia a menos que: a) las condiciones sean estables y las mezclas de radionucleidos se conozcan bien; b) la aplicación de los NIO revisados coadyuve a la adopción de medidas protectoras y otras medidas de respuesta muy diferentes; y c) se explique claramente al público la necesidad de las revisiones.

La experiencia ha demostrado que los encargados de adoptar decisiones fuera del emplazamiento toman medidas y el público cumple sus instrucciones mejor cuando ambos comprenden cómo esas medidas aumentan la seguridad del público. Por tanto, en la sección 6.2 se presenta una explicación en lenguaje sencillo con respecto a cada NIO de cómo los criterios y las medidas protectoras afines y otras medidas de respuesta proporcionan seguridad para todos los miembros del público.

## 6.1. NIVELES DE INTERVENCIÓN OPERACIONALES

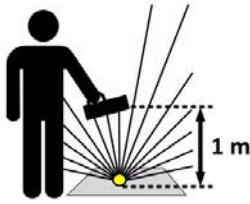
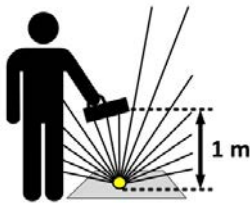
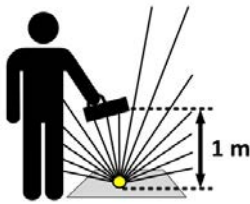
### 6.1.1. NIO1, NIO2 y NIO3 para las tasas de dosis por deposición en el suelo

El NIO1, el NIO2 y el NIO3 para las tasas de dosis por deposición en el suelo ( $\mu\text{Sv/h}$  a 1 m por encima del nivel del suelo) se utilizan para determinar dónde los niveles de deposición en el suelo justifican la evacuación, el realojamiento o restricciones del consumo o distribución de productos locales, productos silvestres (por ejemplo, setas y caza), leche de animales que pastan en la zona, agua de lluvia, piensos o productos básicos que puedan haber quedado contaminados, como se indica en el cuadro 6. En el cuadro 7 se presentan los valores NIO1, NIO2 y NIO3.

CUADRO 6. PLAZO DE TERMINACIÓN Y PROPÓSITO DE LA MONITORIZACIÓN DEL NIO1, EL NIO2 Y EL NIO3

NIO	Plazo de terminación	Propósito
NIO1	En un día	Determinar dónde se requiere la evacuación más allá de las zonas evacuadas cuando se declara una emergencia general.
NIO2	En una semana	Determinar y realojar las zonas con tasas de dosis superiores en un factor de dos a los valores NIO1.
	En un mes	Determinar y realojar las zonas en que la tasa de dosis es superior a los valores NIO2.
NIO3	En unos días	Determinar dónde se justifican restricciones suplementarias de alimentos, agua de lluvia o productos básicos más allá de las zonas establecidas (por ejemplo, DPIP) cuando se declara una emergencia general.

CUADRO 7. NIO1, NIO2 Y NIO3 POR DEFECTO PARA LAS TASAS DE DOSIS POR DEPOSICIÓN EN EL SUELO

<p><i>Estos NIO por defecto son aplicables a una emisión procedente de un reactor de agua ligera o del núcleo o la piscina de combustible gastado de un RBMK. La tasa de dosis a 1 m por encima del nivel del suelo debe medirse en una zona con poca o ninguna vegetación y lejos de carreteras, árboles y edificios.</i></p>	
NIO por defecto	Medidas si se rebasa el NIO
<p><b>NIO1</b> Tasa de dosis a 1 m por encima del nivel del suelo</p>  <p>1000 <math>\mu\text{Sv/h}</math></p>	<p><b>Inmediatamente<sup>a</sup>:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Dar instrucciones al público para tomar un agente bloqueador de la tiroides<sup>b</sup>;</li> <li>– Evacuar a las personas con seguridad<sup>c, d</sup>;</li> <li>– Reducir la ingestión accidental<sup>e</sup>;</li> <li>– Detener el consumo y distribución de todos los productos locales<sup>f</sup>, productos silvestres (por ejemplo, setas y caza), leche de animales que pastan en la zona, agua de lluvia<sup>g</sup> y piensos;</li> <li>– Detener la distribución de productos básicos hasta que hayan sido evaluados;</li> <li>– Prever la inscripción en registro, monitorización, descontaminación y cribado, según se indica en la sección 2.3, de las personas situadas en la zona.</li> </ul> <p><b>En unos días:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Estimar la dosis en las personas que se encontraban en la zona para determinar si se justifica un examen o asesoramiento médico de conformidad con las recomendaciones de la ref. [30].</li> </ul>
<p><b>NIO2</b> Tasa de dosis a 1 m por encima del nivel del suelo</p>  <p> <math>\leq 10</math> días después de la parada del reactor<sup>h</sup>  100 <math>\mu\text{Sv/h}</math> </p> <p> <math>&gt; 10</math> días después de la parada del reactor<sup>h, i</sup>  25 <math>\mu\text{Sv/h}</math> </p>	<p><b>Inmediatamente<sup>a</sup>:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Dar instrucciones al público de prepararse para ser realojado mientras toma medidas para reducir la ingestión accidental<sup>e</sup>;</li> <li>– Detener la distribución y el consumo de productos locales<sup>f</sup>, productos silvestres (por ejemplo, setas y caza), leche de animales que pastan en la zona y agua de lluvia<sup>g</sup>.</li> </ul> <p><b>En una semana a un mes<sup>j</sup>:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Inscribir en registro a quienes se encuentran en la zona;</li> <li>– Realojar con seguridad<sup>c</sup> a las personas que se encuentran en la zona. El realojamiento debe comenzar con las personas que se encuentran en las zonas de mayor exposición potencial (véase el cuadro 6);</li> <li>– Estimar la dosis de las personas que se encontraban en la zona para determinar si se justifica un examen o asesoramiento médico de conformidad con las recomendaciones de la ref. [30].</li> </ul>
<p><b>NIO3</b> Tasa de dosis a 1 m por encima del nivel del suelo</p>  <p>1 <math>\mu\text{Sv/h}^l</math></p>	<p><b>Inmediatamente<sup>a</sup>:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Detener la distribución y el consumo de productos locales<sup>f</sup> no esenciales<sup>k</sup>, productos silvestres (por ejemplo, setas y caza), leche de animales que pastan en la zona, agua de lluvia<sup>g</sup> y piensos hasta que los niveles de concentración hayan sido evaluados en función del NIO7;</li> <li>– Detener la distribución de productos básicos hasta que hayan sido evaluados.</li> </ul> <p><b>En unos días:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Reemplazar los productos locales esenciales<sup>k</sup>, la leche y el agua de lluvia tan pronto sea posible o realojar a las personas si no se dispone de reemplazos;</li> <li>– Inscribir en registro a las personas y estimar la dosis de quienes puedan haber consumido productos locales, leche, agua de lluvia<sup>g</sup> procedente de la zona en que se aplicaron restricciones para determinar si se justifica asesoramiento y seguimiento médicos de conformidad con las recomendaciones de la ref. [30].</li> </ul>

<sup>a</sup> Si no se han aplicado ya en función de las condiciones de la central nuclear (es decir, de emergencia general) antes de haberse efectuado cualquier tipo de monitorización.

<sup>b</sup> Solo si con ello no se demora la evacuación.

<sup>c</sup> “Evacuar a las personas con seguridad” significa no poner en peligro la vida de quienes son evacuados. Por ejemplo, los pacientes en hospitales o centros de asistencia no necesitan ser evacuados o realojados inmediatamente si ello les pone en situación de riesgo inmediato. La evacuación o el realojamiento deben demorarse hasta que pueda trasladarse a estos pacientes con seguridad.

<sup>d</sup> Si no es posible una evacuación inmediata (por ejemplo, por nieve, inundaciones, por la falta de transporte o de instalaciones especiales como hospitales), el público debe ser alojado en edificios grandes, de ser factible —solo por un breve periodo— hasta que sea posible realizar la evacuación con seguridad.

<sup>e</sup> Aconsejar no beber, comer o fumar y mantener las manos alejadas de la boca hasta que se hayan lavado y no dejar que los niños jueguen al aire libre o realicen otras actividades que produzcan polvo que pueda ingerirse.

<sup>f</sup> Productos locales son los alimentos cultivados en espacios abiertos que pueden haber quedado contaminados directamente por la emisión y que se consumen en pocas semanas (por ejemplo, verduras).

<sup>g</sup> Solo debe restringirse el consumo de agua potable no esencial que provenga directamente de sistemas de recogida de agua de lluvia sin diluir. Otras fuentes de agua potable (por ejemplo, pozos, represas o ríos) tendrán niveles de contaminación mucho más bajos debido a la dilución y solo deberán restringirse si el análisis de las muestras supera los valores NIO7.

<sup>h</sup> Tiempo después de la parada es el tiempo que transcurre entre la medición y el momento en que se detiene la reacción nuclear en el núcleo. Véase más información sobre los dos valores indicados para el NIO2 en el apéndice II.

<sup>i</sup> Esto es aplicable, por tanto, a todas las emisiones procedentes de una piscina de combustible gastado.

<sup>j</sup> En una semana, para determinar las zonas que muestran tasas de dosis superiores en un factor de dos a los valores NIO1 y en un mes, para determinar todas las zonas en que la tasa de dosis supera los valores NIO2.

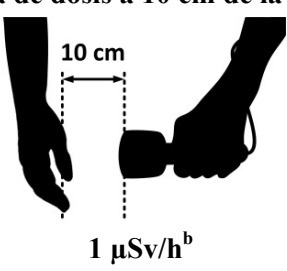
<sup>k</sup> La restricción de productos locales esenciales, leche o agua podría provocar malnutrición u otras consecuencias para la salud y, por tanto, los productos locales esenciales solo deben restringirse si pueden sustituirse por otros.

<sup>l</sup> Por encima de la tasa de dosis de fondo.

### 6.1.2. NIO4 para la tasa de dosis en la piel

El valor NIO4 ( $\mu\text{Sv/h}$  a 10 cm) consignado en el cuadro 8 puede utilizarse para evaluar si los niveles de material radiactivo en la piel justifican un examen médico u otras medidas de respuesta.

CUADRO 8. NIO4 POR DEFECTO PARA LAS TASAS DE DOSIS EN LA PIEL

<p><i>Este NIO por defecto es aplicable a una emisión procedente de un reactor de agua ligera o del núcleo o la piscina de combustible gastado de un RBMK. La tasa de dosis debe medirse a 10 cm de la piel desnuda de la mano o la cara y realizarse en una zona con una tasa de dosis de fondo de menos de 0,5 <math>\mu\text{Sv/h}</math>.</i></p>	
NIO4 por defecto	Medidas para las personas monitorizadas
<p><b>Tasa de dosis a 10 cm de la piel</b></p>  <p>1 <math>\mu\text{Sv/h}^b</math></p>	<p><b>Inmediatamente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Darles instrucciones para tomar un agente bloqueador de la tiroides si no lo han tomado ya;</li> <li>– Darles instrucciones para reducir la ingestión accidental<sup>a</sup>;</li> <li>– Inscribir en registro a todas las personas monitorizadas y anotar la tasa de dosis;</li> <li>– Si se rebasa el NIO4, descontaminarlas y someterlas a cribado con arreglo a lo expuesto en la sección 2.3; y</li> <li>– Asegurar a quienes traten o que transporten a personas contaminadas que pueden hacerlo con seguridad si toman las precauciones universales contra la infección (guantes, máscara, etc.).</li> </ul> <p><b>En unos días:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Estimar la dosis en las personas en que se ha rebasado el NIO4 a fin de determinar si se justifica el examen o el asesoramiento y seguimiento médicos de conformidad con las recomendaciones de la ref. [30].</li> </ul>

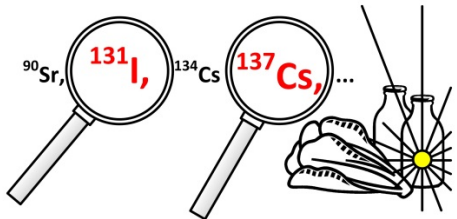
<sup>a</sup> Aconsejar no beber, comer o fumar y mantener las manos alejadas de la boca hasta que se hayan lavado.

<sup>b</sup> Por encima de la tasa de dosis de fondo.

### 6.1.3. NIO7 para las concentraciones de radionucleidos marcadores $^{131}\text{I}$ y $^{137}\text{Cs}$ en alimentos, leche y agua potable

Los valores NIO7 que figuran en el cuadro 9 se expresan como concentraciones (Bq/kg) de los dos radionucleidos marcadores  $^{131}\text{I}$  y  $^{137}\text{Cs}$  y se emplean como indicadores para determinar si es seguro o no el consumo de alimentos, leche y agua. El  $^{131}\text{I}$  y el  $^{137}\text{Cs}$  son radionucleidos marcadores (isótopos). Un radionucleido marcador es más fácil de precisar durante el análisis de las muestras y es representativo de todos los demás radionucleidos presentes. Se utiliza para determinar si se requieren medidas protectoras y otras medidas de respuesta sin realizar un análisis isotópico exhaustivo.

CUADRO 9. NIO7 POR DEFECTO PARA LAS CONCENTRACIONES DE MARCADORES I 131 Y CS 137 EN ALIMENTOS, LECHE Y AGUA POTABLE

<p><i>Estos NIO por defecto son aplicables a una emisión procedente de un reactor de agua ligera o del núcleo o la piscina de combustible gastado de un RBMK. La concentración de ambos radionucleidos debe determinarse y el NIO se rebasa si se superan los valores del <math>^{131}\text{I}</math> o del <math>^{137}\text{Cs}</math>. Es importante observar que todos los demás radionucleidos que probablemente estén presentes en el medio ambiente tras la emisión del núcleo o la piscina de combustible del reactor se consideran en la deducción de los valores NIO7.</i></p>	
NIO7 por defecto <sup>a, b</sup>	Medidas si se supera el valor de uno u otro radionucleido
<p><b>Concentraciones de radionucleidos en alimentos, leche y agua potable</b></p>  <p><b>1000 Bq/kg de I 131</b></p> <p><b>200 Bq/kg de Cs 137</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Detener el consumo de alimentos no esenciales<sup>c</sup>, leche o agua;</li> <li>– Reemplazar los alimentos esenciales<sup>c</sup>, la leche y el agua potable cuanto antes o realojar al público si no se dispone de reemplazos; y</li> <li>– Estimar la dosis de quienes pueden haber consumido alimentos, leche o agua potable con concentraciones superiores al NIO7 para determinar si se justifica un seguimiento médico de conformidad con las recomendaciones de la ref. [30].</li> </ul>

<sup>a</sup> Debe realizarse el análisis de la leche reconociendo que la concentración de  $^{131}\text{I}$  y  $^{137}\text{Cs}$  en la leche no alcanzará los niveles máximos hasta dos o más días después que las vacas hayan pastado en prados contaminados.


<sup>b</sup> El  $^{131}\text{I}$  y el  $^{137}\text{Cs}$  sirven como radionucleidos marcadores (isótopos) de modo que no tenga que determinarse la concentración de todos los radionucleidos presentes en el medio ambiente después de la emisión del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor. En el cálculo del NIO7 para los radionucleidos marcadores se incluye la contribución de los demás radionucleidos (productos de fisión) que se espera que estén presentes después de una emisión debida a daños graves del combustible. En la ref. [1] se presenta un método para evaluar la dosis considerando explícitamente todos los radionucleidos presentes.

<sup>c</sup> La restricción de alimentos, leche y agua potable podría provocar malnutrición u otras consecuencias para la salud y, por tanto, estos deben restringirse solo si existen otros que los sustituyan.

### 6.1.4. NIO8 para tasa de dosis en la tiroides

Los valores NIO8 para la tasa de dosis ( $\mu\text{Sv/h}$ ) de la tiroides que figuran en el cuadro 10 se utilizan para evaluar si la cantidad de yodo radiactivo en la tiroides de una persona justifica un examen médico y otras medidas de respuesta.

CUADRO 10. NIO8 POR DEFECTO PARA LA TASA DE DOSIS EN LA TIROIDES

Este NIO por defecto es aplicable a la tasa de dosis en la tiroides y debe medirse: a) después que la persona haya sido descontaminada y que se haya eliminado su ropa exterior contaminada, b) 1 a 6 días después de una posible incorporación de yodo radiactivo, c) utilizando una sonda con una superficie efectiva de $\leq 15 \text{ cm}^2$ , d) colocando la sonda de monitorización en contacto con la piel frente a la tiroides, y e) en un lugar con una tasa de dosis de fondo de menos de $0,2 \mu\text{Sv/h}$ .	
NIO8 <sup>a</sup>	Medidas aplicables a las personas monitorizadas
<p><b>Por encima de la tasa de dosis de fondo en contacto con la piel frente a la tiroides</b></p> <p><b>1 a 6 días después de la exposición</b></p>  <p><b>0,5 <math>\mu\text{Sv/h}^c</math></b>      <b>2 <math>\mu\text{Sv/h}^c</math></b></p> <p><b><math>\leq 7</math> años de edad</b>      <b><math>&gt; 7</math> años de edad</b></p>	<p><b>Inmediatamente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Darles instrucciones para que tomen el agente bloqueador de la tiroides si no lo han hecho ya;</li> <li>– Darles instrucciones para reducir la ingestión accidental<sup>b</sup>;</li> <li>– Inscribir en registro a todas las personas monitorizadas y registrar la tasa de dosis en la tiroides; y</li> <li>– Si se rebasa el NIO8, someterlas a un cribado de conformidad con lo expuesto en la sección 2.3.</li> </ul> <p><b>En unos días:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Estimar la dosis en las personas cuya tasa de dosis en la tiroides fue superior al NIO8 para determinar si se justifica un examen o asesoramiento y seguimiento médicos de conformidad con las recomendaciones de la ref. [30].</li> </ul>

<sup>a</sup> El detector del monitor de tasa de dosis gamma se coloca frente a la tiroides cerca de la piel o en contacto con ella.

<sup>b</sup> Aconsejar no beber, comer o fumar y mantener las manos alejadas de la boca hasta que se hayan lavado. Esto debe hacerse si hay posibilidad de contaminación, independientemente de que se haya superado o no el valor NIO.

<sup>c</sup> Por encima de la tasa de dosis de fondo.

## 6.2. EXPLICACIONES SENCILLAS DE LOS NIO

La experiencia ha demostrado que los encargados de adoptar decisiones toman medidas y el público sigue sus instrucciones mejor cuando ambos saben de qué forma las medidas aumentan la seguridad del público [32].

A continuación se explica en lenguaje sencillo, con respecto a cada uno de los NIO, de qué forma los criterios y las medidas conexas prevén la seguridad de todos los miembros del público. El personal encargado de adoptar decisiones fuera del emplazamiento puede utilizar estas explicaciones sencillas para comunicar al público las medidas que se estén aplicando y su justificación. En la sección 7 de la presente publicación se presentan gráficos que pueden consultarse para situar en perspectiva el peligro para la salud sobre la base de las cantidades medidas y las estimaciones de dosis.

### 6.2.1. Explicación sencilla del NIO1

Es probable que sea inseguro permanecer en una zona donde se supere el NIO1. Los residentes de la zona deben de inmediato [insértense las instrucciones locales apropiadas que son necesarias para cumplir las medidas recomendadas para el NIO1 en el cuadro 7] para reducir el riesgo de efectos radioinducidos en la salud.

Las personas que se encontraban en la zona donde se superó el NIO1 deben asegurarse de que se les inscriba en un registro para que se les someta a un cribado que determine si se requieren otras medidas. Hay que recordar que son improbables los efectos de la exposición a la radiación en la salud y que solo los expertos pueden evaluarlos correctamente. Otros, como los médicos locales, no suelen poseer los conocimientos especializados necesarios para ese tipo de evaluaciones.



El NIO1 se estableció para proteger a los residentes de zonas afectadas por una emisión procedente del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor. Estas medidas recomendadas deben tomarse para proteger a todos los miembros del público, incluso los más vulnerables a la exposición a la radiación (por ejemplo, niños y mujeres embarazadas). Este NIO toma en consideración todas las formas en que una persona puede quedar expuesta a la radiación de material radiactivo depositado en el suelo, inclusive la inhalación de polvo y la ingestión accidental (por ejemplo, de la contaminación en las manos). Sin embargo, se supone que la persona no come o bebe alimentos o agua contaminados porque ya se han tomado medidas protectoras urgentes (por ejemplo, la evacuación).

El gráfico 1 que figura en la sección 7 puede utilizarse para situar en perspectiva el peligro para la salud de residir en una zona afectada en función de la tasa de dosis medida por encima del suelo.

### **6.2.2. Explicación sencilla del NIO2**

Permanecer en una zona en que se ha rebasado el NIO2 durante *[insértese un plazo de hasta una semana]* hasta que se adopten disposiciones para el realojamiento es seguro si se toman las medidas que se recomiendan a continuación *[insértense las instrucciones locales apropiadas que son necesarias para cumplir las medidas recomendadas para el NIO2 que figuran en el cuadro 7]*.

Las personas que se encontraban en una zona donde se superó el NIO2 deben asegurarse de que se les inscriba en un registro para que sean objeto de un cribado que determine si se requieren otras medidas. Recuérdesse que solo los expertos pueden evaluar correctamente los efectos en la salud resultantes de la exposición a la radiación. Otros, como los médicos locales, no suelen poseer los conocimientos especializados necesarios para ese tipo de evaluaciones.

El NIO2 se estableció para proteger a los residentes de zonas afectadas por una emisión procedente del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor durante una semana o menos mientras se realizan los preparativos de realojamiento. Estas medidas recomendadas deben tomarse para proteger a todos los miembros del público, incluso los más vulnerables a la exposición a la radiación (por ejemplo, niños y mujeres embarazadas). Este NIO toma en consideración todas las formas en que una persona puede quedar expuesta a la radiación procedente de materiales radiactivos depositados en el suelo, inclusive la inhalación de polvo y la ingestión accidental (por ejemplo, de la contaminación en las manos). No obstante, permanecer en una zona en que no se haya rebasado el NIO2 es seguro siempre que la persona no coma o beba alimentos, leche o agua con concentraciones superiores a los valores NIO7.

El gráfico 1 que figura en la sección 7 puede utilizarse para situar en perspectiva el peligro para la salud de residir en una zona afectada en función de la tasa de dosis medida por encima del suelo.

### **6.2.3. Explicación sencilla del NIO3**

El NIO3 se estableció para proteger a las personas que consuman productos locales (por ejemplo, verduras), leche de animales que pastan en la zona y agua de lluvia que puedan haberse producido en una zona afectada por una emisión procedente del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor.

Los productos locales, la leche o el agua de lluvia de la zona en que se rebasa el NIO3 pueden ser inocuos; no obstante, es prudente no consumirlos hasta que se realice un análisis más exhaustivo.

Este NIO da por supuesto que la mitad de los alimentos, la leche y el agua de lluvia que fueron consumidos por las personas más vulnerables a la exposición a la radiación (por ejemplo, niños y mujeres embarazadas) se produjo en la zona afectada y que se hace poco (por ejemplo, no se lavan los alimentos) para reducir los niveles de concentración antes del consumo. Si se dispone de alternativas en las zonas en que se rebasa el NIO3, se debe detener el consumo de productos locales (por ejemplo, verduras), leche de animales que pastan en la zona y agua de lluvia hasta que hayan sido examinados y

declarados inocuos. Los NIO se establecen a niveles muy inferiores a aquellos en que cabría prever efectos radioinducidos en la salud; por tanto, si es probable que la restricción del consumo provoque malnutrición grave o deshidratación por no contar con reemplazos, los alimentos, la leche o el agua de lluvia de las zonas con niveles de concentración superiores al valor NIO3 pueden consumirse, como orienten los funcionarios locales, hasta que se disponga de tales reemplazos.

#### **6.2.4. Explicación sencilla del NIO4**

La persona que tenga una concentración de material radiactivo en la piel superior al NIO4 debe *[insértense las instrucciones locales apropiadas que sean necesarias para cumplir las medidas recomendadas para el NIO4 que figuran en el cuadro 8]* y ser inscrita en un registro para que se le someta a un cribado que determine si se requieren otras medidas. Aunque la persona no sufra ningún efecto, es prudente efectuar exámenes médicos más exhaustivos.

Hay que recordar que solo los expertos pueden evaluar correctamente los efectos en la salud resultantes de la exposición a la radiación. Otros, como los médicos locales, no suelen poseer los conocimientos especializados necesarios para ese tipo de evaluaciones.

El riesgo de incorporación de material radiactivo en la piel es reducido y se deriva fundamentalmente de la ingestión (accidental) de material radiactivo depositado en las manos. Las personas expuestas a material radiactivo por haberse encontrado cerca de la central nuclear o por haber provenido de una zona evacuada deben tomar las siguientes precauciones básicas: a) mantener las manos alejadas de la boca hasta que se hayan lavado, y b) quitarse la ropa exterior, ducharse cuanto antes y vestirse con ropa limpia. La ropa que se haya quitado debe almacenarse en una bolsa cerrada hasta que pueda eliminarse como lo indiquen los funcionarios locales.

Por debajo de los valores NIO4, los niveles inherentes del material radiactivo en la piel no constituyen un riesgo importante para la salud; no obstante, siempre es prudente lavarse las manos, ducharse y cambiar de ropa lo antes posible.

El gráfico 2 de la sección 7 puede utilizarse para situar en perspectiva el peligro para la salud del material radiactivo en la piel tomando como base la tasa de dosis.

#### **6.2.5. Explicación sencilla del NIO7**

El hecho de que se supere el NIO7 no significa que sean nocivos los alimentos, la leche o el agua; sin embargo, es prudente no consumirlos hasta que se efectúe un análisis más exhaustivo.

Estos valores NIO corresponden al peor caso posible cuando todos los alimentos, la leche y el agua consumidos por las personas más vulnerables a la exposición a la radiación (por ejemplo, niños y mujeres embarazadas) se produjeron en la zona afectada y no se hace nada (por ejemplo, no se lavan los alimentos) para reducir los niveles de concentración de material radiactivo antes del consumo. Si se dispone de alternativas cuando se rebasa el NIO7, se debe detener el consumo de los alimentos, la leche o el agua hasta que hayan sido examinados y declarados inocuos. Los NIO se establecen a niveles muy inferiores a aquellos en que cabría prever que se produjeran efectos radioinducidos en la salud; por tanto, si es probable que la restricción del consumo provoque malnutrición grave o deshidratación por no contarse con reemplazos, pueden consumirse los alimentos, la leche o el agua con niveles de concentración superiores al valor NIO7, como orienten los funcionarios locales, hasta que se disponga de reemplazos.

Los alimentos, la leche y el agua con concentraciones inferiores al NIO7 pueden ser consumidos con seguridad por todos los miembros del público, incluidos los niños y las mujeres embarazadas. Este NIO se estableció para proteger a todos los miembros del público, entre ellos las personas más vulnerables a la exposición a la radiación (por ejemplo, niños y mujeres embarazadas).

Los gráficos 3 y 4 de la sección 7 pueden utilizarse para situar en perspectiva el peligro para la salud en función de las concentraciones en los alimentos, la leche o el agua.

#### **6.2.6. Explicación sencilla del NIO8**

Una tasa de dosis en la tiroides superior al NIO8 indica que la persona ha inhalado o ingerido yodo radiactivo suficiente para ser sometida a un cribado. Las personas cuya tasa de dosis en la tiroides rebase el NIO8 deben ser inscritas en un registro para que se les realice un cribado con el fin de determinar si se deben tomar otras medidas. Aunque ello no significa que la persona sufrirá efectos perjudiciales, es prudente realizar otros exámenes médicos.

Cabe recordar que solo los expertos pueden evaluar correctamente los efectos en la salud resultantes de la exposición a la radiación. Otros, como los médicos locales, no suelen poseer los conocimientos especializados necesarios para ese tipo de evaluaciones.

### **6.3. CONTAMINACIÓN Y PUNTOS ACTIVOS**

El uso de los términos “contaminación” y “punto activo” ha originado gran confusión y preocupación entre el público. Esto ha sido motivo de especial preocupación cuando en los mapas empleados para explicar las consecuencias de una emergencia en el público y los encargados de adoptar decisiones se mostraban puntos activos y zonas de contaminación. Aunque en muchos de esos casos se indicaban niveles muy bajos de radiación que no habrían causado ningún efecto en la salud y que no justificaban, por tanto, ninguna medida de respuesta, esto no se explicaba claramente al público y los encargados de adoptar decisiones.

#### **6.3.1. Contaminación**

La contaminación se define como la “presencia de sustancias radiactivas sobre superficies, o dentro de sólidos, líquidos o gases (incluido el cuerpo humano), donde tal presencia no es ni intencionada ni deseable” [31]. Ahora bien, aunque todos llevemos dentro o sobre nuestro cuerpo material radiactivo cuya presencia se ha derivado de manera no intencionada del accidente de la central nuclear de Chernóbil y de los ensayos de armas nucleares, ello no tiene que inducirnos a pensar que estemos contaminados. Por consiguiente, el uso del término “contaminado” suele causar preocupación indebida entre el público, aun cuando los niveles no requieran ningún tipo de respuesta.

*En una emergencia debe mencionarse que algo o alguien está contaminado únicamente cuando la cantidad de material radiactivo sobre o dentro de un objeto o persona es superior a un criterio definido previamente, como un NIO, que requiere una medida como el realojamiento, la descontaminación o la restricción de importaciones.*

#### **6.3.2. Puntos activos**

Tras la emisión de materiales radiactivos, los niveles de deposición en el emplazamiento pueden variar considerablemente y dar lugar a que en algunas zonas se produzcan concentraciones o tasas de dosis de material más altas que en las zonas cercanas. Esas concentraciones más altas, que suelen denominarse puntos activos, causan preocupación indebida entre el público. Sin embargo, esta variación por sí misma no indica efectos preocupantes de la radiación en la salud ni tampoco la necesidad de ninguna respuesta a menos que se supere un NIO.

*En una emergencia solo debe utilizarse el término “punto activo” para denominar una zona con deposición de material radiactivo en el suelo que dé lugar a que se supere un NIO u otros criterios predeterminados.*

#### **6.3.3. Pautas de deposición**

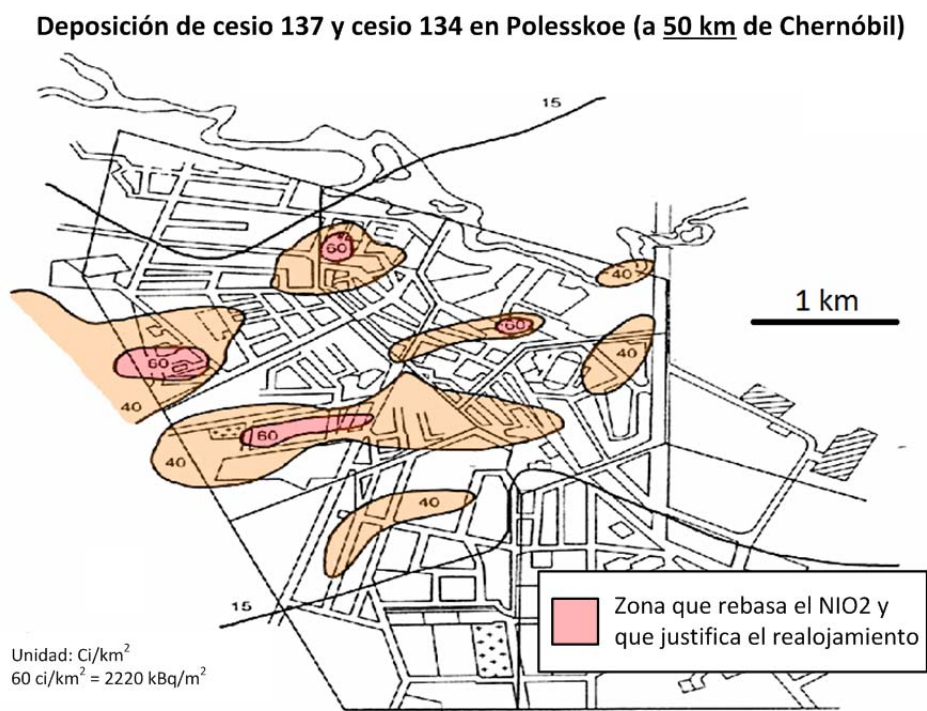
La pauta de deposición de material radiactivo puede ser muy compleja y no homogénea en zonas grandes y pequeñas, como se indica en las figuras 6 [8] y 7 [27] en relación con el accidente de Chernóbil.

Las pautas de deposición tras la emisión del accidente de la central nuclear de Fukushima Daiichi también fueron muy complejas, como se observa en la figura 8 [34]. Esta figura muestra la deposición de  $^{137}\text{Cs}$  después de las emisiones. Indica también la dirección del viento local en la central nuclear de Fukushima Daiichi hacia el mar (marcada con un “?” en la figura 8) durante parte de la emisión. Como ya se examina en la sección 2.4, si esta central nuclear se hubiera encontrado tierra adentro, se habría producido deposición en todas las direcciones y no solo a sotavento y, por tanto, se habrían tenido que aplicar medidas protectoras u otras medidas de respuesta en todas las direcciones.

El agua de lluvia puede concentrar material radiactivo en zonas locales como acequias, bajo los árboles o a lo largo de las zonas de goteo de las casas (es decir, bajo los bordes de los tejados), como se indica en la figura 9, y crear grandes diferencias en la tasa de dosis y las concentraciones de material radiactivo a distancias cortas, como de unos pocos metros.

Los puntos activos que exigen el realojamiento del público de conformidad con los criterios genéricos internacionales [1] pueden darse a más de 50 km de la central nuclear (dentro de la distancia recomendada para la DPA), como se examina en el apéndice I y se ilustra en las figuras 6 y 7. Es importante observar que el 20 % de la dosis por la deposición recibida en el período de un año después de una emisión se recibe en el curso del primer mes; por consiguiente, los encargados de adoptar decisiones fuera del emplazamiento deben ser capaces de localizar los puntos activos y realojar a los residentes rápidamente (véanse los NIO requeridos en el cuadro 7).

La deposición de material radiactivo del penacho también puede afectar a los productos locales, la leche de animales que pastan en la zona y el agua de lluvia. El consumo de estos productos podría originar dosis entre las personas que residan a distancias mayores de 100 km de la central nuclear y producir un aumento detectable en la tasa de cáncer de tiroides radioinducido [25]. Como se indica en la figura 7, el consumo también podría originar dosis que excedan los criterios genéricos internacionales [1] por los que se establecen restricciones del consumo de alimentos a distancias superiores a 300 km de la central nuclear (dentro de la distancia recomendada para la DPIP). Como se expone en la sección 5.7, el consumo de agua de lluvia o productos locales puede ser motivo de preocupación unas horas después de una emisión y el consumo de leche en unos dos días.



*Fig. 6. Puntos activos a más de 50 km de la central nuclear de Chernóbil que hicieron necesario el realojamiento.*

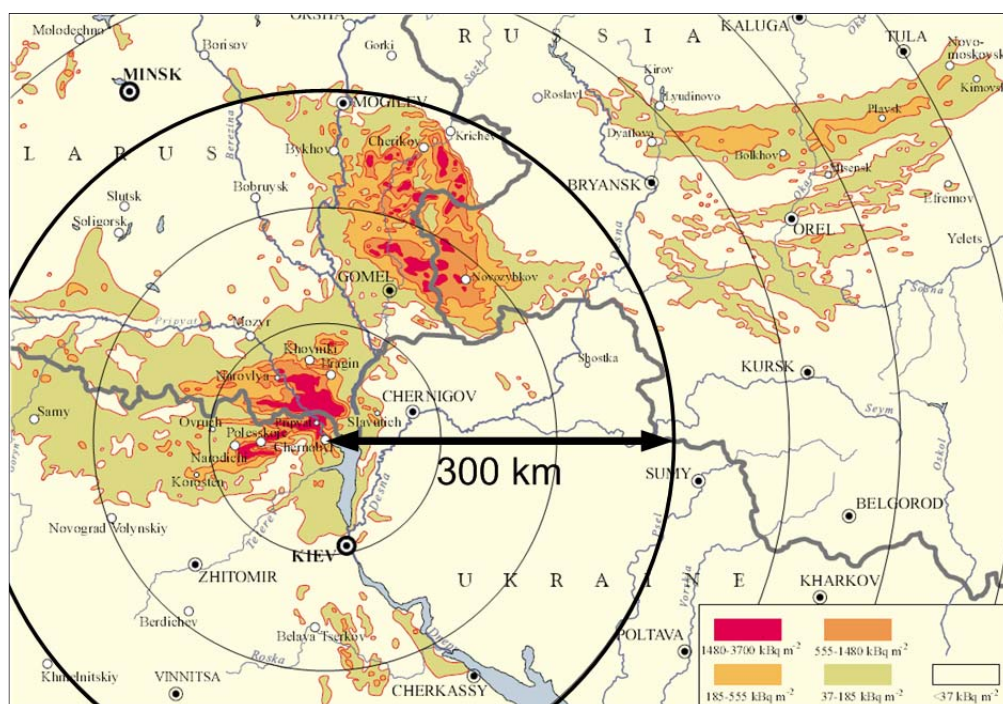


Fig. 7. Deposición de  $^{137}\text{Cs}$  tras el accidente de Chernóbil. De conformidad con los criterios genéricos internacionales, las zonas rojas pueden justificar el realojamiento y todas las zonas coloreadas pueden justificar la restricción del consumo y distribución de productos locales, productos silvestres (por ejemplo, setas y caza), leche de animales que pastan en la zona, agua de lluvia o piensos.

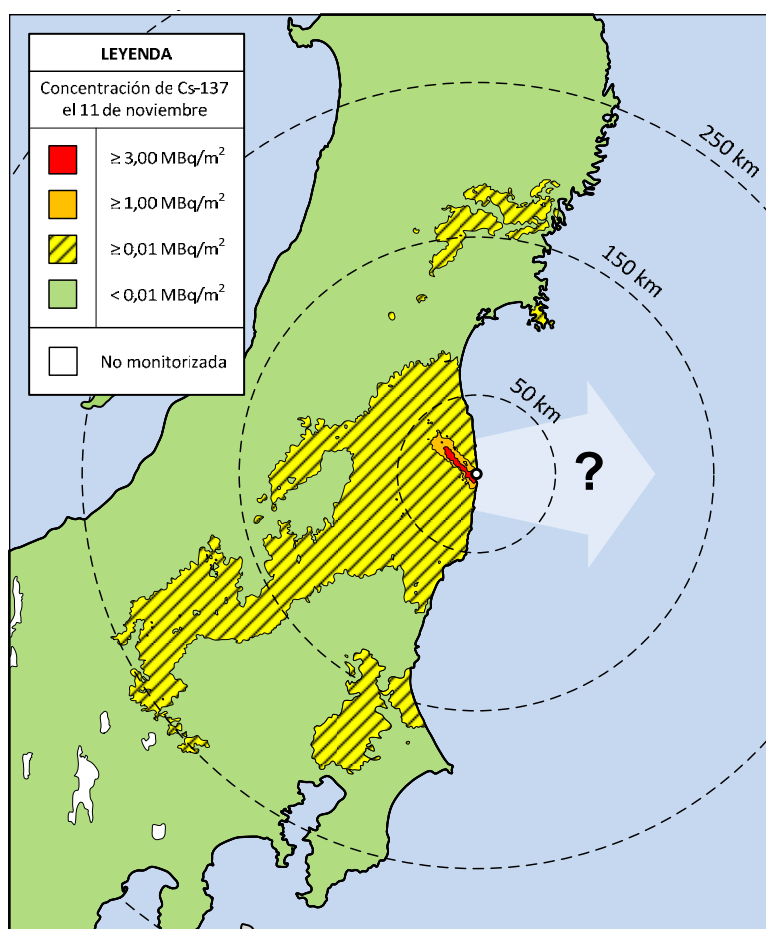
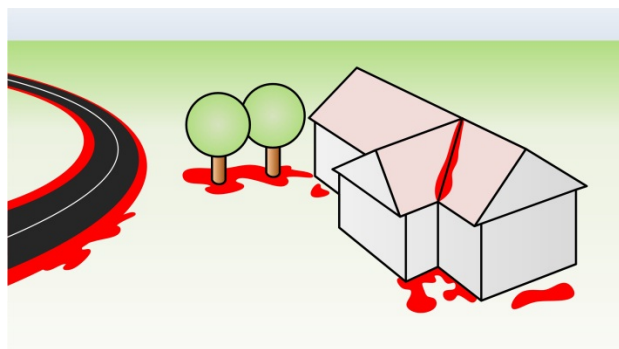


Fig. 8. Deposición de  $^{137}\text{Cs}$  después de la emisión de la central nuclear de Fukushima Daiichi.



*Fig. 9. Puntos activos locales indicados en rojo.*

La figura 7 [27] indica que las zonas que superaron los valores NIO3 y que justificaron restricciones de alimentos debidas a la emisión procedente del accidente de la central nuclear de Chernóbil se extendieron en un área compleja hasta una distancia de más de 300 km. Las pautas de esta deposición (puntos activos) son tan complejas que resulta imposible monitorizar suficiente terreno en la zona para determinar con eficacia todos los lugares en que son aplicables las restricciones de alimentos. En consecuencia, debe restringirse el consumo de productos locales no esenciales, productos silvestres (por ejemplo, setas y caza), leche o agua de lluvia dentro de la DPIP tras la declaración de una emergencia general (es decir, antes de la monitorización o el muestreo) y hasta que se evalúe y considere seguro el consumo. De no aplicarse estos controles unos días después de la emisión, es probable que a la larga se presenten casos de cáncer de tiroides radioinducido, sobre todo entre los niños, como los que ocurrieron después del accidente de la central nuclear de Chernóbil [25, 26, 28].

#### 6.4. DETERMINACIÓN DE LOS LUGARES EN QUE SE REBASAN LOS NIO POR DEPOSICIÓN EN EL SUELO

Es preciso adoptar disposiciones para que se tomen prontamente medidas protectoras y otras medidas de respuesta en función de los datos de la monitorización sobre el terreno. No obstante, al inicio de una emergencia solo se dispondrá de datos de monitorización limitados que probablemente sean confusos e incoherentes como resultado de la variación importante de las tasas de dosis, así como de las variaciones en las mediciones del grupo de monitorización. Incluso cabe prever que grupos de alto nivel profesional notifiquen tasas de dosis y niveles de concentración diferentes de la monitorización efectuada en la misma zona. Esto será particularmente problemático al principio de la emergencia, cuando se deben adoptar decisiones rápidamente para actuar con eficacia. Por tanto, es necesario establecer disposiciones que permitan tomar las decisiones con prontitud utilizando datos de monitorización iniciales, limitados y posiblemente incoherentes.

En la figura 10 se expone una posible estrategia en relación con lo anterior. En este ejemplo se declara una emergencia general en que la población dentro de la ZMP y la ZPU es evacuada. Se ha producido una emisión y se despliega un grupo de monitorización para determinar si se requieren medidas protectoras suplementarias más allá de la ZPU. En la figura 10 se indican en naranja las zonas de deposición de material radiactivo en que se justifica la evacuación, aunque se necesitarán semanas para que la monitorización ambiental determine en detalle todas estas zonas.

El grupo de monitorización ha elegido la ruta marcada en negro en la figura 10. Solo unas cuantas mediciones del grupo de monitorización superan los valores NIO1 (que se indican con estrellas azules en la ruta elegida por el grupo de monitorización). Estos niveles de tasa de dosis indican que se justifica la evacuación. Sin embargo, como puede observarse en la figura, este grupo de monitorización no determinó la mayoría de las zonas con niveles de deposición que justificaban la evacuación. El encargado de adoptar decisiones recomienda que sean evacuados los residentes de toda la zona administrativa (zonas en azul claro en la figura 10) en que las mediciones rebasan el NIO1. Esta decisión fue tomada teniendo en cuenta que:

- la pauta de deposición podría ser muy compleja;



- los residentes de las zonas en que se rebasa el NIO1 representan un riesgo considerable y deben ser evacuados con prontitud; y
- la tarea de monitorización para localizar con exactitud todas las zonas que deben ser evacuadas puede demorar días e incluso semanas.

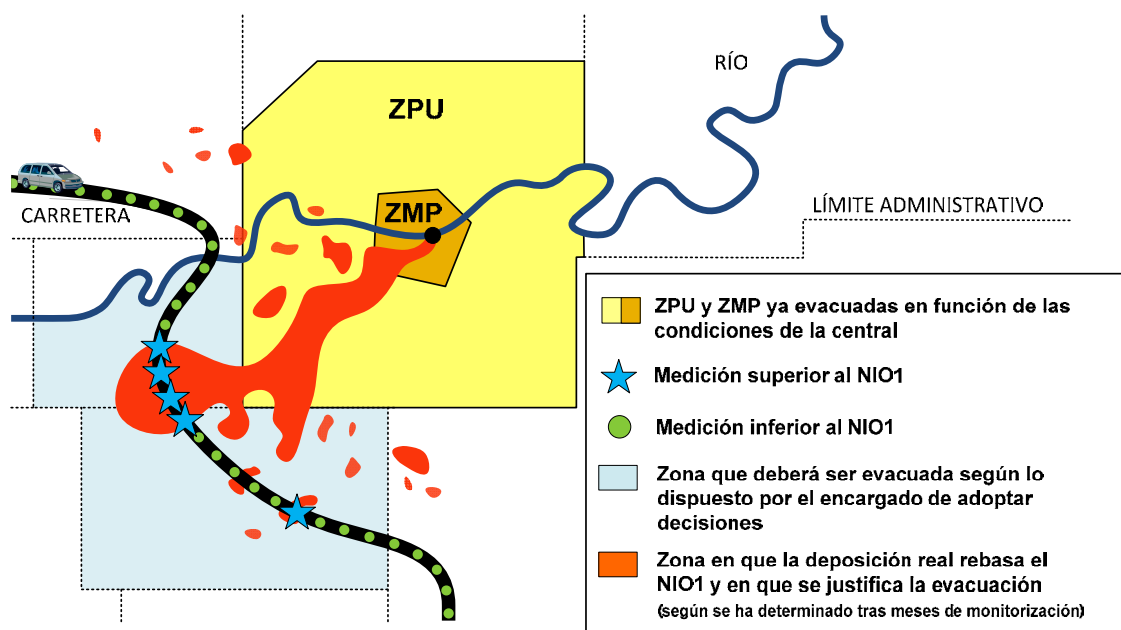


Fig. 10. Ejemplo de aplicación del NIO1 cuando se dispone de datos limitados.

Al determinar si deben tomarse medidas protectoras y otras medidas de respuesta y dónde deben tomarse, los encargados de adoptar decisiones deben tener en cuenta las características de las mediciones y el entorno natural y social de la zona, como por ejemplo:

- el número de lecturas que rebasan los NIO, tanto en el mismo lugar como en sus inmediaciones;
- la magnitud de la lectura y si rebasa el NIO muy poco o excesivamente;
- la fiabilidad de la medición (¿se han realizado mediciones de confirmación?);
- la población en la zona, ya que si no hay población cercana se hace menos necesario tomar una decisión rápida;
- la consecuencia de no tomar ninguna medida (o de tomarla). Por ejemplo, se justifica una medida inmediata donde deben adoptarse medidas urgentes (en que puedan rebasarse el NIO1 o el NIO3) pero donde tal vez lleve varios días realizar nuevas evaluaciones para confirmar las zonas en que deben adoptarse medidas iniciales (en que pueda rebasarse el NIO2).
- el uso de la tierra y si hay granjas en la localidad;
- las condiciones en que la aplicación de medidas protectoras puede resultar peligrosa (por ejemplo, la restricción de alimentos esenciales o el agua, el traslado de pacientes sin preparativos adecuados, la evacuación o el alojamiento en refugios en condiciones peligrosas);
- las condiciones sociales;
- la capacidad para definir la zona de manera comprensible para el público; y
- los límites administrativos y jurisdiccionales.

## 6.5. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA MONITORIZACIÓN EN MAPAS

Emergencias anteriores han demostrado que la presentación de los resultados de la monitorización y el muestreo en mapas es importante para la comunicación eficaz con el público y los encargados de adoptar decisiones. Con todo, la exposición de resultados que no llegan a requerir una medida de respuesta (es decir, que no rebasan un NIO) ha provocado confusión y ansiedad entre el público y en algunos casos ha llevado a este a tomar medidas más perjudiciales que beneficiosas, como el

relojamiento innecesario y la estigmatización de quienes proceden de la zona afectada. Se recomienda que al presentarse los resultados de la monitorización y el muestreo se muestre en el mapa solo los lugares en que se han rebasado los NIO y se indiquen claramente las medidas protectoras y otras medidas de respuesta que deben adoptarse dentro de estas zonas. También es necesario que se comunique al público cuándo no se requieren medidas protectoras y otras medidas de respuesta; por tanto, en el mapa deben incluirse los lugares en que no se rebasan los NIO, como se señala en la figura 11. En esta figura se presenta como ejemplo un mapa con los resultados de la monitorización de la tasa de dosis por deposición. Al presentarse los resultados de la monitorización en mapas se debe incluir lo siguiente:

- códigos de colores correspondientes al NIO que se rebasa en particular, que indiquen dónde se justifica una medida, como se ilustra en las figuras 11 y 12;
- la fecha de la medición y la unidad de medición (por ejemplo,  $\mu\text{Sv/h}$  o  $\text{Bq/kg}$ ); y
- notas o avisos relativos a los resultados como los que se señalan en la figura 13.

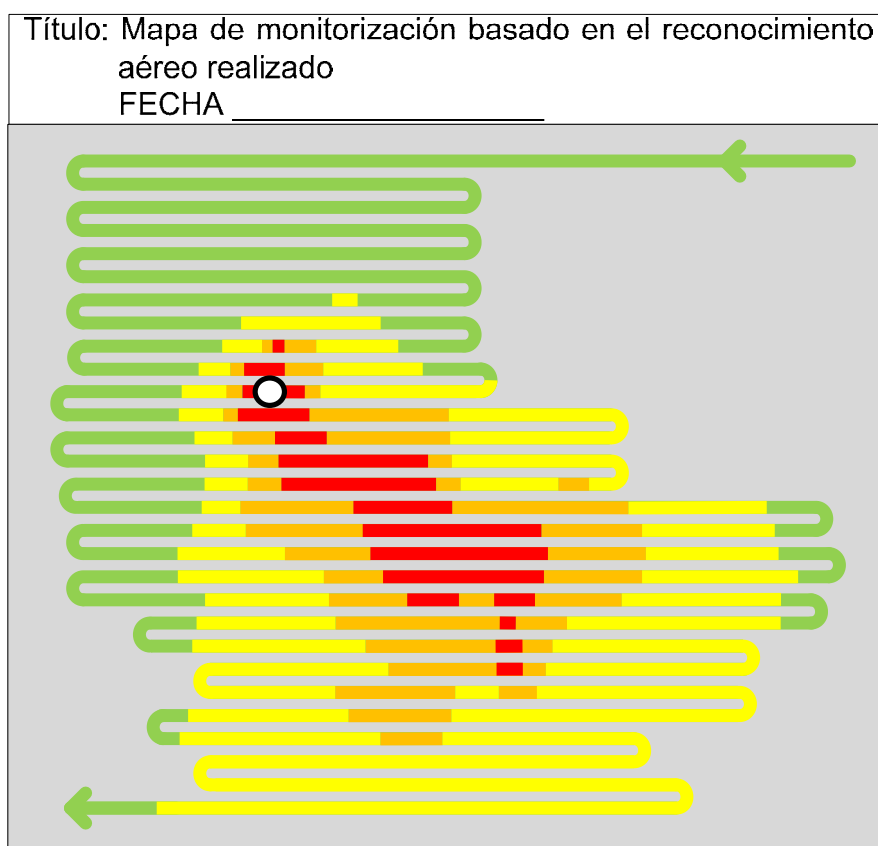






Fig. 11. Ejemplo de mapa de tasa de dosis en el suelo medida por reconocimiento aéreo.



<b>EJEMPLO DE LEYENDA DE MAPA DE TASA DE DOSIS EN EL SUELO</b>		
<b>NIO rebasado</b>	<b>Tasa de dosis a 1m por encima del nivel del suelo</b>	<b>Medidas protectoras requeridas de inmediato<sup>a</sup></b>
 <b>NIO1</b>	$\geq 1000 \mu\text{Sv/h}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dar instrucciones al público para tomar el agente bloqueador de la tiroides;</li> <li>▪ Evacuar a las personas con seguridad;</li> <li>▪ Reducir la ingestión accidental;</li> <li>▪ Detener el consumo y distribución de todos los productos locales, los productos forestales (por ejemplo, setas), la leche de animales que pastan en la zona, el agua de lluvia, piensos;</li> <li>▪ Detener la distribución de productos básicos; y</li> <li>▪ Prever el registro, monitorización, descontaminación y cribado de los que se encuentren en la zona.</li> </ul>
 <b>NIO2</b>	$\geq 25 \mu\text{Sv/h}$ (para $t > 10$ días <sup>b</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dar instrucciones al público de prepararse para el realojamiento<sup>c</sup> y tomar medidas al mismo tiempo para reducir la ingestión accidental;</li> <li>▪ Detener la distribución y el consumo de productos locales no esenciales, leche de animales que pastan en la zona y agua de lluvia; y</li> <li>▪ Detener la distribución de productos básicos.</li> </ul>
	$\geq 100 \mu\text{Sv/h}$ (para $t \leq 10$ días <sup>b</sup> )	
 <b>NIO3</b>	$\geq 1 \mu\text{Sv/h}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Detener la distribución y el consumo de productos locales no esenciales, productos silvestres (por ejemplo, setas y caza), leche de animales que pastan en la zona, agua de lluvia, piensos hasta que la concentración de material radiactivo se haya evaluado utilizando el NIO7; y</li> <li>▪ Detener la distribución de productos básicos.</li> </ul>
 <b>NINGUNO</b>	$< 1 \mu\text{Sv/h}$	Ninguna, pero quizás se deban tomar otras medidas en esta zona en función de la monitorización y el muestreo posteriores.

<sup>a</sup> Consúltase el cuadro 7 para obtener más detalles sobre las medidas protectoras.

<sup>b</sup> Intervalo de tiempo entre la parada del reactor y la monitorización.

<sup>c</sup> Se deberá proceder al realojamiento en unos días, según se indica en el cuadro 7.

*Fig. 12. Ejemplo de leyenda de mapa de tasa de dosis en el suelo*

EJEMPLO DE NOTAS Y AVISOS (verifíquense las aplicables) MAPA DE TASA DE DOSIS EN EL SUELO	
<input type="checkbox"/>	El mapa se basa en datos de monitorización limitados y se perfeccionará a medida que se reciban nuevos datos.
<input type="checkbox"/>	El mapa se basa en datos de reconocimiento aéreo que promedian (las tasas de dosis/la concentración) en una superficie de unos ____m <sup>2</sup> y zonas con (tasas de dosis/concentraciones) en que pueden pasarse por alto medidas protectoras u otras medidas de respuesta suplementarias que deben adoptarse (si se rebasa el NIO).
<input type="checkbox"/>	Los posibles efectos radioinducidos en la salud de la permanencia en la zona no pueden basarse únicamente en la tasa de dosis por deposición. Deben tenerse en cuenta todas las vías posibles de exposición para incluir la inhalación durante el paso del penacho y la ingestión.
<input type="checkbox"/>	Para obtener más información consúltase (sitio web) _____
<input type="checkbox"/>	_____

*Fig. 13. Ejemplo de notas y avisos consignados en mapas de resultados de la monitorización.*

## **7. COMUNICACIÓN CON EL PÚBLICO Y LOS ENCARGADOS DE ADOPTAR DECISIONES**

### **7.1. INFORMACIÓN PARA EL PÚBLICO Y LOS ENCARGADOS DE ADOPTAR DECISIONES**

Los medios de comunicación sabrán de inmediato de una emergencia y con los teléfonos móviles, la Internet y las redes sociales la información se difundirá con rapidez y conformará la percepción del público de lo que está ocurriendo. En emergencias anteriores la obtención de información oficial de diversas fuentes ha causado confusión, ya que es difícil que todas las fuentes transmitan un mensaje coherente cuando los sucesos y preocupaciones cambian rápidamente y cuando los medios de comunicación pueden presentar al instante declaraciones de distintas fuentes. Por tanto, es importante contar con una sola fuente de información oficial que proporcione respuestas y responda a estas cuestiones.

Una hora o dos después de la declaración de una emergencia general se debe transmitir al público un mensaje coherente y comprensible. Para ello es preciso establecer un centro conjunto de información pública en que un solo portavoz oficial suministre información al público a través de los medios de comunicación. El centro de información pública se ubicará en una zona segura en las inmediaciones de la zona de la emergencia y coordinará toda la información oficial divulgada a los medios de comunicación en relación con la emergencia [35]. Además, es necesario explicar las cantidades medidas y las dosis calculadas en función del posible peligro para la salud, como se expone más adelante en la sección 7.2. El encargado de adoptar decisiones debe prepararse asimismo para dar respuesta a las preguntas y preocupaciones del público, como las mencionadas en el apéndice V.

### **7.2. AYUDA AL PÚBLICO Y LOS ENCARGADOS DE ADOPTAR DECISIONES A COMPRENDER LO QUE ES SEGURO**

Las emergencias nucleares o radiológicas tienen efectos sociales, psicológicos y económicos perjudiciales para el público. Además, ha habido casos en que los encargados de adoptar decisiones, los miembros del público y otros (por ejemplo, el personal médico) han adoptado medidas inapropiadas y perjudiciales causantes de lesiones o mayores riesgos para la salud que no se justificaban sobre la base del peligro de radiación. Estos efectos no radiológicos pueden ser las consecuencias más graves de la emergencia y ocurren aun cuando no se produzca ninguna emisión de material radiactivo. Ello se ha debido a menudo a la información contradictoria y confusa que suministran las fuentes oficiales y al hecho de no responderse las preguntas de manera sencilla, coherente y comprensible:

- ¿estoy seguro?
- ¿qué hago para estar seguro?
- ¿cómo se protegen mis intereses (por ejemplo, en relación con la importación de bienes)?

La dificultad para responder estas preguntas se agrava por algunos “expertos” que dan a conocer sus propias evaluaciones en los medios de comunicación, muchas veces erróneas o confusas. En las evaluaciones y explicaciones se incluyen numerosas unidades técnicas y cantidades que a menudo se emplean incorrectamente.

#### **7.2.1. ¿Por qué es importante definir lo que es seguro?**

Cuando no se comunica claramente al público, los encargados de adoptar decisiones y otros cuándo las condiciones son seguras (para todos los miembros del público — con especial atención a los grupos más sensibles a la radiación como los niños y las mujeres embarazadas) y cuándo no se requieren medidas protectoras u otras medidas de respuesta para mantener al público seguro, es probable que las personas tomen medidas que causen más daño que beneficio en la creencia de que se están protegiendo a ellas mismas y su familia.

Después del accidente de la central nuclear de Chernóbil, no se comunicó eficazmente ese mensaje a los miembros del público que residían en una zona que era segura. Debido a la duda que tenían acerca de si las condiciones eran o no seguras, las mujeres embarazadas procuraron asesoramiento y consejo de sus médicos locales que no eran expertos en los efectos de la exposición a la radiación en la salud y, en consecuencia, esas mujeres se manifestaron preocupadas por los posibles efectos radioinducidos en la salud de su feto, que no eran justificadas atendiendo a los riesgos radiológicos. Otros ejemplos de medidas inadecuadas son el rechazo de productos de la zona que obliga a realizar evacuaciones inseguras que ponen en peligro la vida [10] (por ejemplo, de pacientes de cuidados intensivos de hospitales), la negativa del personal médico a tratar a personas procedentes de la zona afectada [21], realojamientos injustificados, la administración de formas inapropiadas de agentes bloqueadores de la tiroides, evacuaciones no recomendadas que interfieren en las evacuaciones de las personas en riesgo (“evacuaciones paralelas”: véase la sección 5.2), y la petición de exámenes médicos cuando no se justifica (por ejemplo, los “sanos preocupados”<sup>51</sup>), y que interfiere en el tratamiento de las personas que están más expuestas.

Solo es posible dar respuesta a la preocupación principal del público (¿Estoy seguro?) y transmitirla a este, a los encargados de adoptar decisiones y a otros para impedir que se tomen medidas perjudiciales más que beneficiosas si se ha establecido una definición de lo que es seguro. El establecimiento de esa definición tiene el propósito de:

- responder a la preocupación principal del público durante una emergencia (“¿Estoy seguro?”); e
- impedir que el público, los encargados de adoptar decisiones y otros tomen medidas inapropiadas que no se justifiquen sobre la base del riesgo radiológico.

### **7.2.2. Definición de lo que es seguro y puesta en perspectiva del peligro radiológico para la salud**

Por “seguro” se entiende dar cumplimiento a las normas internacionales de seguridad para las cuales no se deben tomar medidas protectoras u otras medidas de respuesta. Como se examina en el apéndice III, las orientaciones internacionales [1] han establecido criterios genéricos que son dosis calculadas en que se justifican medidas protectoras y otras medidas de respuesta para minimizar efectos deterministas graves o reducir el riesgo de efectos estocásticos. Por consiguiente, se consideran inseguras cualesquiera cantidades medidas o dosis calculadas que indiquen que la persona más sensible a la radiación (por ejemplo, niños o mujeres embarazadas) puede haber recibido una dosis, o se proyecta que reciba una dosis, que rebase un criterio genérico establecido para un escenario de exposición en particular. Los criterios genéricos se establecen en niveles en que:

- se justifican medidas urgentes y de pronta respuesta para minimizar efectos deterministas graves y reducir el riesgo de efectos estocásticos (cánceres radioinducidos) en la población; y
- se justifican actuaciones médicas a más largo plazo para detectar y tratar eficazmente los efectos radioinducidos en la salud.

Por debajo de esos criterios genéricos no se producirán efectos deterministas graves ni un incremento observable de la incidencia de cáncer, incluso en un grupo expuesto muy numeroso. Además, el riesgo de cáncer y otros efectos en la salud es demasiado bajo para que se justifique la adopción de medidas, como por ejemplo, un cribado [1].

En las emergencias se notifican diversas cantidades medidas como una tasa de dosis (por ejemplo, expresadas en sieverts por hora, Sv/h), concentraciones en alimentos (por ejemplo, expresadas en becquerels por kilogramo (Bq/kg) o dosis calculadas (por ejemplo, expresadas en sievert, Sv) que a menudo se emplean para explicar la situación al público y los encargados de adoptar decisiones. En muchos de estos casos, las cantidades y dosis a) se utilizan incorrectamente (por ejemplo, uso de la dosis efectiva para evaluar los efectos en la salud sin tener en cuenta los miembros del público más sensibles a la radiación o todas las vías de exposición) y b) no se sitúan en perspectiva en lo que respecta al posible peligro para la salud.

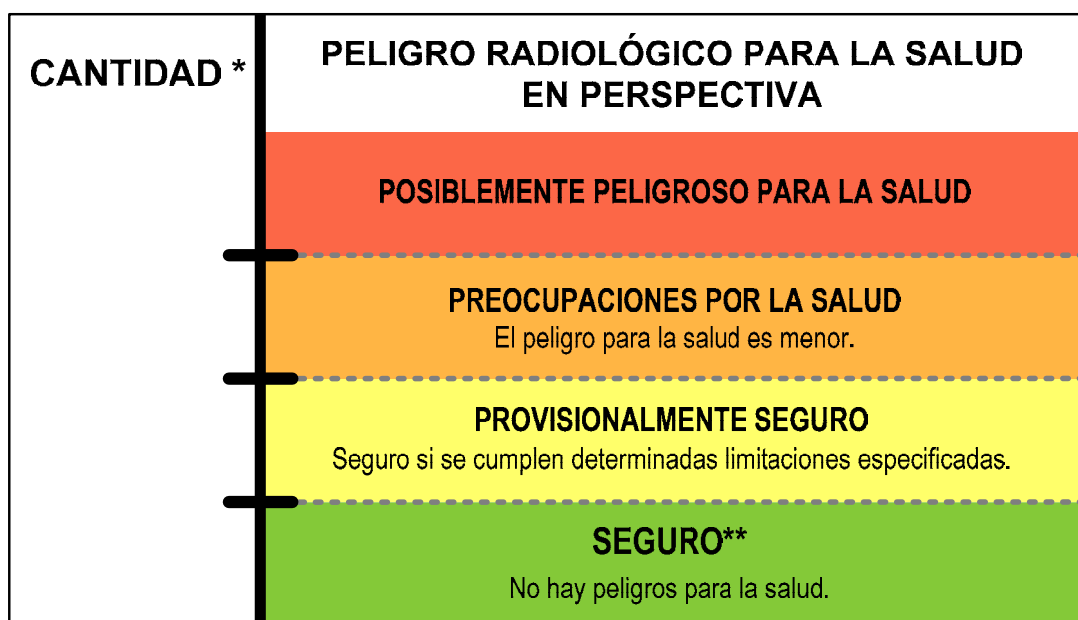
---

<sup>51</sup> Los “sanos preocupados” son miembros del público que no han quedado expuestos o lesionados pero que se preocupan seriamente por su posible exposición a la radiación o contaminación.

Se ha creado un sistema para situar en perspectiva el peligro radiológico para la salud en relación con una cantidad medida o dosis calculada en un formato sencillo y comprensible, como se indica en la figura 14 y se explica en el cuadro 11. Este sistema define lo que es seguro y también indica si hay posibles preocupaciones por la salud y cuándo la situación es peligrosa para la salud. Al utilizar el sistema es preciso indicar con claridad las condiciones concretas (por ejemplo, permanencia en suelo contaminado) y el comportamiento del público (por ejemplo, se evita el consumo de alimentos, leche o agua con concentraciones que superan los valores NIO7) a los que se aplica el sistema.

La presente publicación incluye tres secciones que abordan este problema con el fin de mejorar la comunicación con el público, los encargados de adoptar decisiones y otros:

- en la sección 7.3 se presentan gráficos que relacionan las cantidades operacionales medidas en una emergencia con el sistema de definición de peligros para la salud consignado en la figura 14;
- en la sección 7.4 se indican medios para valorar las evaluaciones y determinar errores comunes que se cometen al situar en perspectiva los peligros para la salud; y
- en la sección 7.5 se señalan medios para evaluar y relacionar las dosis calculadas con el sistema de definición de peligros para la salud expuesto en la figura 14.



\* U otro indicador como la clase de emergencia

\*\* Seguro con arreglo a las normas internacionales de seguridad

*Fig. 14. Sistema para situar en perspectiva el peligro radiológico para la salud asociado con las condiciones especificadas y el comportamiento del público durante una emergencia nuclear o radiológica para la comunicación con el público y los encargados de adoptar decisiones.*

CUADRO 11. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA APLICABLE PARA SITUAR EN PERSPECTIVA EL PELIGRO RADIOLÓGICO PARA LA SALUD ASOCIADO A LAS CONDICIONES ESPECIFICADAS Y AL COMPORTAMIENTO DEL PÚBLICO DURANTE UNA EMERGENCIA NUCLEAR O RADIOLÓGICA

Perspectiva de peligro para la salud	Explicación
Posiblemente peligroso para la salud (rojo)	Existe la posibilidad de efectos radioinducidos en la salud causantes de muerte o lesiones permanentes que mermen la calidad de vida (efectos deterministas graves). En este nivel también existe la pequeña posibilidad de que se produzca un incremento observable de la incidencia de cáncer radioinducido si hay más de algunos cientos de personas expuestas.
Preocupaciones por la salud (naranja)	El peligro para la salud es muy reducido. Sin embargo, hay posibilidad de dosis que rebasen los criterios internacionales [1] y que exijan la adopción de medidas protectoras y otras medidas de respuesta que incluyan el cribado con el fin de evaluar más a fondo: a) el pequeño riesgo posible para las mujeres embarazadas (en el feto), y b) el pequeño aumento posible del riesgo de cánceres radioinducidos.
Provisionalmente seguro (amarillo)	Todos los miembros del público están seguros, incluso los más sensibles (es decir, niños y mujeres embarazadas) y no hay peligros para la salud debidos a la exposición a la radiación si se cumplen las limitaciones especificadas, como por ejemplo, si su permanencia en la zona se limita a una cantidad de tiempo específica o a la adopción de las medidas protectoras especificadas (por ejemplo, reducir la ingestión de material radiactivo).
Seguro (verde)	Todos los miembros del público están seguros, incluso los más sensibles (por ejemplo, niños y mujeres embarazadas) ya que se cumplen los criterios genéricos internacionales [1, 2]. Las dosis para las condiciones especificadas y el comportamiento del público (escenario de exposición) son inferiores a los criterios genéricos [1, 2] en que se justifican medidas protectoras y otras medidas de respuesta para minimizar efectos deterministas graves o reducir el riesgo de efectos estocásticos. Por debajo de este nivel no habrá efectos deterministas graves ni un incremento observable de la incidencia de cáncer, incluso en un grupo expuesto muy numeroso. Además, el riesgo de cánceres radioinducidos es muy bajo para que se justifique adoptar medidas, como por ejemplo, un cribado [1, 2].

### 7.3. CANTIDADES OPERACIONALES MEDIDAS EN PERSPECTIVA

#### 7.3.1. Relación de las cantidades operacionales medidas con el peligro radiológico para la salud

Las cantidades medidas no pueden relacionarse con el peligro para la salud del público debido a una exposición a la radiación (figura 14 y cuadro 11) si no se responden las siguientes preguntas:

- ¿qué fue medido?
- ¿quiénes quedaron expuestos?
- ¿cómo quedaron expuestos?
- ¿cuál es el riesgo en lo que concierne a los efectos en la salud?

En el caso de las emisiones radiactivas potenciales del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor LWR o RBMK, estas preguntas pueden responderse por anticipado porque se comprenden las características de las emisiones y las diversas vías de exposición. Por tanto, las diversas cantidades operacionales medidas pueden relacionarse con los posibles efectos radioinducidos en la salud mediante el proceso consignado en la figura 15. Para simplificar este proceso a efectos de aplicarlo en una emergencia, cada medida especificada en la figura 15 se ha cumplido aplicando supuestos razonablemente conservadores. Los resultados generales se presentan en los gráficos 1 a 4. Por tanto, los gráficos 1 a 4 son “atajos” que permiten obviar las medidas indicadas en la figura 15.

Sin embargo, es importante señalar que si la cantidad medida utilizada para situar en perspectiva los peligros para la salud se basa solamente en un número limitado de mediciones, esta condición debe explicarse al público y a los encargados de adoptar decisiones.

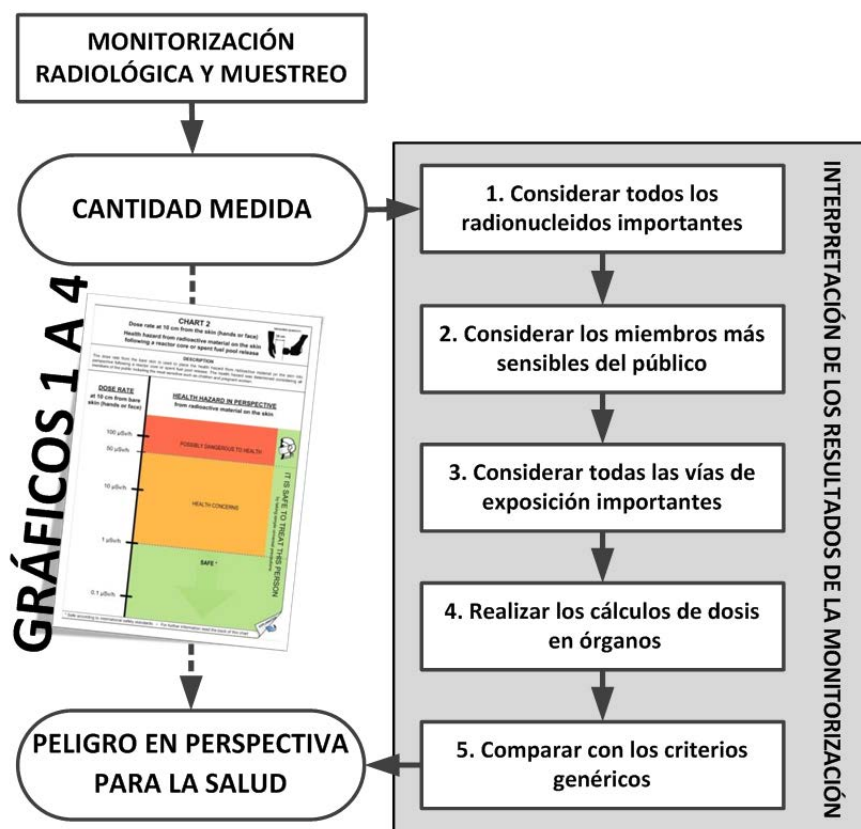


Fig. 15. Medidas necesarias para situar en perspectiva el peligro radiológico para la salud en función de las cantidades operacionales medidas.

### 7.3.2. Gráficos para situar en perspectiva el peligro radiológico para la salud en función de las cantidades operacionales medidas

Los gráficos 1 a 4 se elaboraron tomando en consideración todos los radionucleidos que se preveía que estuvieran presentes después de una emisión desde el núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor y todas las vías de exposición que se preveía que fueran pertinentes. Las cantidades medidas se emplean como indicadores clave representativos del escenario de exposición y el consiguiente peligro para la salud. Por ejemplo, cuando se muestra en el gráfico una concentración de  $^{137}\text{Cs}$  en alimentos, leche o agua, no solo se tienen en cuenta los peligros para la salud relacionados con el  $^{137}\text{Cs}$ , sino también los peligros para la salud relacionados con la exposición a todos los materiales radiactivos que se prevé que estén presentes después de una emisión del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor, como  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{140}\text{Ba}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  y  $^{106}\text{Ru}$ . Asimismo, cuando se indica en el gráfico una medición de tasa de dosis por deposición, no solo se tiene en cuenta la exposición externa a la radiación, sino también todas las vías de exposición que se prevé que sean pertinentes (por ejemplo, la ingestión accidental).

Los posibles efectos radioinducidos en la salud solo pueden determinarse tras una evaluación cuidadosa de la persona. Los gráficos que figuran en esta sección no tienen por objeto reemplazar las evaluaciones individualizadas, los cribados o los exámenes médicos; por el contrario, su propósito es:

- ayudar al público, los encargados de adoptar decisiones y otros a comprender qué medidas protectoras y otras medidas de respuesta son apropiadas o inapropiadas para garantizar la seguridad de todos.

- ayudar a definir los miembros del público que podrían requerir un cribado o una evaluación médica posterior con el fin de determinar posibles efectos radioinducidos en la salud durante las primeras semanas y meses críticos, cuando resulta decisiva la adopción de decisiones oportunas para lograr una respuesta eficaz a la emergencia, y cuando tal vez no sea posible realizar evaluaciones detalladas e individualizadas por la escasez de recursos y datos.

Los gráficos se basan en supuestos razonablemente conservadores de modo que cabría prever que los efectos radioinducidos reales para la salud se produjeran en un valor más alto que el primero que se indica en el gráfico, incluso en los miembros del público más sensibles a la radiación. Por tanto, si los gráficos indican que hay preocupaciones o condiciones de salud que sean posiblemente peligrosas para la salud, la persona (cuando proceda) debe ser inscrita en un registro y recibir un examen, asesoramiento y/o seguimiento médicos.

### 7.3.3. Uso de gráficos para las cantidades operacionales medidas

**Paso 1 — Obtener al menos uno de los siguientes conjuntos de datos con una explicación de la calidad de los datos empleados:**

- tasas de dosis representativas de las registradas en zonas donde residen personas;
- tasas de dosis medidas en la piel desnuda; o
- concentraciones en alimentos, leche o agua representativas de lo que se consume.

**Paso 2 — Seleccionar el gráfico apropiado**

Seleccionar el gráfico en función de la cantidad que se ha medido y del escenario de exposición considerado utilizando el cuadro 12.

CUADRO 12. APLICABILIDAD DE LOS GRÁFICOS DE CANTIDADES MEDIDAS

Escenarios de exposición	Cantidad medida	Gráfico núm.
Permanencia en una zona afectada durante siete días, un mes o un año	Tasa de dosis [ $\mu\text{Sv/h}$ ] a 1m por encima del suelo en zonas habitadas	1
Material radiactivo en la piel	Tasa de dosis [ $\mu\text{Sv/h}$ ] a 10 cm de la piel desnuda	2
Consumo durante <b>un día</b> de alimentos, leche o agua potable considerando todos los radionucleidos emitidos	Concentraciones del marcador Cs 137 <sup>b</sup> [Bq/kg] en alimentos, leche o agua potable	3A <sup>a</sup>
	Concentraciones del marcador I 131 <sup>b</sup> [Bq/kg] en alimentos, leche o agua potable	3B <sup>a</sup>
Consumo durante <b>un año</b> de alimentos, leche o agua potable considerando todos los radionucleidos emitidos	Concentraciones del marcador Cs 137 <sup>b</sup> [Bq/kg] en alimentos, leche o agua potable	4A <sup>a</sup>
	Concentraciones del marcador I 131 <sup>b</sup> [Bq/kg] en alimentos, leche o agua potable	4B <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Las concentraciones de radionucleidos del marcador <sup>131</sup>I y el marcador <sup>137</sup>Cs deben determinarse y evaluarse según se indica en los gráficos 3 y 4.

<sup>b</sup> Los otros materiales radiactivos procedentes de una emisión de productos de fisión que estarían presentes (por ejemplo, Sr 90, Te 132, I 135, Cs 134...) no necesitan considerarse porque se toman en cuenta en función de sus cantidades previstas en relación con las concentraciones del marcador.

**Paso 3 — Convertir las unidades de la cantidad medida a las unidades de los gráficos**

Asegurar que las cantidades medidas se expresen en las mismas unidades en que aparecen en el gráfico seleccionado ( $\mu\text{Sv/h}$  o Bq/kg). Por ejemplo, 2 mSv/h deben convertirse a  $\mu\text{Sv/h}$  como se señala a continuación:

$$2 \frac{\text{mSv}}{\text{h}} \times 1000 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{mSv}} = 2000 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}}$$

En el cuadro 13 aparecen las conversiones de los prefijos utilizados con más frecuencia a los empleados en los gráficos, y en el cuadro 14 se indican otros prefijos del sistema internacional que pueden utilizarse.

**CUADRO 13. CONVERSIONES DE LAS UNIDADES QUE SE UTILIZAN CON MÁS FRECUENCIA EN LOS GRÁFICOS**

<b>Multiplicar (unidad notificada)</b>	<b>Por</b>	<b>Para obtener (unidad empleada en los gráficos)</b>
Sv/h	1 000 000 (o $10^6$ ) $\mu\text{Sv/Sv}$	$\mu\text{Sv/h}$
mSv/h	1 000 (o $10^3$ ) $\mu\text{Sv/mSv}$	$\mu\text{Sv/h}$
Bq/g	1 000 (o $10^3$ ) g/kg	Bq/kg
kBq/kg	1 000 (o $10^3$ ) Bq/kBq	Bq/kg
kBq/g	1 000 000 (o $10^6$ ) (Bq/kg)/(kBq/g)	Bq/kg
MBq/kg	1 000 000 (o $10^6$ ) Bq/MBq	Bq/kg
MBq/g	1 000 000 000 (o $10^9$ ) (Bq/kg)/(MBq/g)	Bq/kg

**CUADRO 14. PREFIJOS DEL SISTEMA INTERNACIONAL UTILIZADOS FRECUENTEMENTE**

<b>Prefijo</b>	<b>Símbolo</b>	<b><math>10^n</math></b>	<b>Decimal</b>
tera	T	$10^{12}$	1 000 000 000 000
giga	G	$10^9$	1 000 000 000
mega	M	$10^6$	1 000 000
kilo	k	$10^3$	1 000
—	—	$10^0$	1
mili	m	$10^{-3}$	0,001
micro	$\mu$	$10^{-6}$	0,000 001
nano	n	$10^{-9}$	0,000 000 001
pico	p	$10^{-12}$	0,000 000 000 001

#### **Paso 4 — Explicar los gráficos**

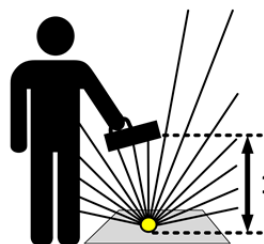
En la página principal del gráfico (anverso) figura una “descripción” en que se resume su contenido. En la página siguiente (reverso) se explica su propósito, la cantidad medida, el escenario de exposición, la población considerada y el posible riesgo para la salud. Al examinar los gráficos con el público hay que destacar los siguientes aspectos:

- si se indica un efecto radioinducido determinado en la salud, ello significa que solo hay una mínima posibilidad de que alguien sufra el efecto y no da a entender forzosamente que se producirá el efecto de modo terminante.
- no cabría prever que alguien sufriera los efectos radioinducidos en la salud a niveles inferiores a los indicados en los gráficos.
- solo puede realizarse una evaluación exacta de los posibles efectos radioinducidos en la salud después que la exposición de la persona se conozca mejor y solo pueden realizar esa evaluación expertos en el diagnóstico y tratamiento de los efectos radioinducidos.
- si la situación es posiblemente peligrosa para la salud o hay preocupaciones por la salud, es preciso adoptar las medidas protectoras y otras medidas de respuesta apropiadas (por ejemplo, un seguimiento médico) que se indican en los gráficos.
- se debe explicar la calidad y el grado de representatividad de los datos que se utilicen. Es preciso recalcar si se prevé modificar los datos en el futuro.





**UTILÍCESE SOLO DESPUÉS DE CUMPLIMENTAR LA LISTA DE VERIFICACIÓN QUE FIGURA AL REVERSO.**



## PERMANENCIA EN LA ZONA AFECTADA

### GRÁFICO 1

- Para una emisión de material radiactivo procedente de un LWR o RBMK
- Para todos los miembros del público (incluidos niños y mujeres embarazadas)
- En función de la tasa de dosis a 1 m por encima del nivel del suelo

**TASA DE DOSIS**  
a 1 m por encima del  
nivel del suelo

## PELIGRO PARA LA SALUD

Permanencia normal en la zona afectada durante:

7 días

1 mes

1 año

10 000  $\mu\text{Sv/h}$

5 000  $\mu\text{Sv/h}$

2 000  $\mu\text{Sv/h}$

1 000  $\mu\text{Sv/h}$

500  $\mu\text{Sv/h}$

100  $\mu\text{Sv/h}$

Véanse en la nota \* las mediciones  
entre 25 y 100  $\mu\text{Sv/h}$

25  $\mu\text{Sv/h}$

10  $\mu\text{Sv/h}$

1  $\mu\text{Sv/h}$

**TASA DE DOSIS  
DE FONDO  
NATURAL**

POSIBLEMENTE  
PELIGROSO PARA  
LA SALUD

(verifíquese el NIO1 y el NIO2)

PREOCUPACIONES  
POR LA SALUD

(verifíquese el NIO1 y el NIO2)

PROVISIONALMENTE  
SEGURO\*\* DURANTE 7  
DÍAS, SIEMPRE QUE SE  
TOMEN MEDIDAS PARA  
REDUCIR LA INGESTIÓN  
DE MATERIAL RADIATIVO

POSIBLEMENTE  
PELIGROSO PARA  
LA SALUD

(verifíquese el NIO1 y el NIO2)

PREOCUPACIONES  
POR LA SALUD

(verifíquese el NIO1 y el NIO2)

PROVISIONALMENTE SEGURO\*\*  
DURANTE 1 MES, SIEMPRE QUE SE  
TOMEN MEDIDAS PARA REDUCIR LA  
INGESTIÓN DE MATERIAL  
RADIATIVO

POSIBLEMENTE  
PELIGROSO PARA  
LA SALUD

(verifíquese el NIO1 y el NIO2)

PREOCUPACIONES  
POR LA SALUD

(verifíquese el NIO1 y el NIO2)

### SEGURO \*\* PARA TODOS

SIEMPRE QUE LOS ALIMENTOS, LA LECHE Y EL AGUA POTABLE SEAN INOCUOS



- \* Zona que indica una tasa de dosis de 25 a 100  $\mu\text{Sv/h}$  en que los primeros 10 días después de la emisión son seguros (según las normas internacionales), siempre que sean inocuos los alimentos, la leche y el agua potable.
- \*\* Seguro conforme a las normas de seguridad internacionales - Véase más información al reverso de este gráfico.



Gráfico 1. Peligro para la salud por residir en una zona afectada tras una emisión procedente de un reactor o una piscina de combustible gastado de un LWR o RBMK en función de la tasa de dosis.

## GRÁFICO 1 EXPLICACIÓN

LISTA DE VERIFICACIÓN “ANTES DEL USO”: Si la respuesta a cualquiera de las siguientes preguntas es negativa no debe utilizarse este gráfico			
	¿Es la central nuclear un reactor LWR o RBMK?	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
	¿Está usted evaluando el riesgo que supone para la salud la permanencia en la zona afectada?	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
	¿Es la tasa de dosis representativa de la zona habitada?	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
	¿Es la tasa de dosis representativa de la recibida por deposición a 1 m por encima del suelo?	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
	¿Se expresa el valor de la tasa de dosis en $\mu\text{Sv/h}$ ?	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
	¿Se encuentra usted fuera de la zona para la que se recomendó la evacuación o el realojamiento?	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
<b>PROPÓSITO:</b> En este gráfico se sitúa en perspectiva el vínculo entre la tasa de dosis medida recibida por deposición y el posible riesgo para la salud que supone la permanencia normal en la zona afectada durante el período indicado tras una emisión procedente de un reactor o una piscina de combustible gastado de un LWR o RBMK.			
<b>CANTIDAD MEDIDA:</b> Tasa de dosis ( $\mu\text{Sv/h}$ ) recibida por deposición medida a 1 m por encima del nivel del suelo en las zonas habitadas			
<b>ESCENARIO DE EXPOSICIÓN:</b> Los miembros del público viven normalmente en una zona afectada por una emisión sin tomar medidas protectoras, excepto que no consumen alimentos, leche o agua contaminados. Se tuvieron en cuenta todas las formas importantes de exposición a material radiactivo sobre el suelo, incluso la exposición externa por deposición (irradiación del suelo), la ingestión accidental (por ejemplo, por ingerir suciedad de las manos o por jugar al aire libre los niños) y la inhalación de material de la deposición en resuspensión (polvo).			
En el gráfico solo se considera el peligro para la salud resultante del material radiactivo depositado. Por tanto, debe estimarse la dosis de las personas que se encontraban en la zona durante el paso del penacho cuya tasa de dosis por deposición sea superior a $25 \mu\text{Sv/h}$ a fin de determinar si se justifica un examen, asesoramiento o seguimiento médicos.			
<b>POBLACIÓN CONSIDERADA:</b> Los posibles peligros para la salud se indican para los miembros del público más sensibles a la radiación (por ejemplo, niños y mujeres embarazadas (feto)), razón por la que han quedado abarcados todos los miembros del público.			
<b>PELIGRO EN PERSPECTIVA PARA LA SALUD:</b> <p><b>Posiblemente peligroso para la salud (rojo):</b> Existe la posibilidad de que se produzcan efectos radioinducidos en la salud causantes de muerte o lesiones permanentes que mermen la calidad de vida (efectos deterministas graves) como, por ejemplo: a) supresión permanente de la ovulación y el recuento de espermatozoides, b) hipotiroidismo (condición en que la glándula tiroidea no produce suficientes hormonas tiroideas) y c) efectos graves para el feto. En este nivel también existe la pequeña posibilidad de que se produzca un incremento observable en la incidencia de cáncer debido a casos de efectos radioinducidos si hay más de algunos cientos de personas expuestas.</p> <p><b>Preocupaciones por la salud (naranja):</b> El peligro para la salud es muy reducido. Sin embargo, existe la posibilidad de que se produzcan dosis que rebasen los criterios internacionales [1] y que exijan que se tomen medidas protectoras y otras medidas de respuesta, que incluyan un cribado, con el fin de evaluar más a fondo: a) el posible riesgo reducido para las mujeres embarazadas (feto) y b) el posible incremento reducido del riesgo de cánceres radioinducidos.</p> <p><b>Provisionalmente seguro (amarillo):</b> Es seguro permanecer en la zona si esa permanencia se limita al intervalo de tiempo específico y se aplican las siguientes medidas protectoras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>prevenir el consumo de alimentos, leche o agua con concentraciones superiores al NIO7, y</li> <li>prevenir la ingestión accidental, como por ejemplo: lavarse las manos antes de comer y no jugar al aire libre, o no realizar otras actividades que puedan producir polvo que pueda ingerirse.</li> </ul> <p><b>Seguro (verde):</b> Esta medida cumple las normas internacionales [1] ya que las dosis no rebasan los criterios genéricos en que se justifican medidas protectoras y otras medidas de respuesta para minimizar los efectos en la salud de la exposición a la radiación, siempre que sean inocuos los alimentos, la leche o el agua (es decir, que no tengan concentraciones que superen los valores NIO7). Por debajo de este nivel no se producirán efectos deterministas graves ni un incremento observable de la incidencia de cáncer, incluso en un grupo expuesto muy numeroso. Además, el riesgo de cánceres y otros efectos en la salud es demasiado bajo para que se justifique la adopción de medidas, como el cribado [1].</p> <p><b>Tasa de dosis de fondo natural:</b> La tasa de dosis anual medida derivada de fuentes naturales de exposición a la radiación se indica para obtener una perspectiva. La media mundial fluctúa aproximadamente en <math>0,2 \mu\text{Sv/h}</math>, pero en algunos lugares puede ser mucho más alta (hasta <math>15 \mu\text{Sv/h}</math>).</p>			
<b>MEDIDAS PROTECTORAS Y OTRAS MEDIDAS DE RESPUESTA:</b> <p>Si una persona <u>ha permanecido en una zona</u> en que las condiciones indican un nivel “posiblemente peligroso para la salud” (rojo) o que suscitan “preocupaciones por la salud” (naranja), esa persona debe ser inscrita en un registro y se debe estimar sus dosis a los efectos de determinar si se justifica un examen o asesoramiento y seguimiento médicos. Solo expertos en el diagnóstico y el tratamiento de los efectos de la exposición a la radiación en la salud pueden evaluar esos efectos. Otros, como los médicos locales, probablemente no posean los conocimientos especializados necesarios para realizar ese tipo de evaluaciones.</p> <p>Si una persona <u>se encuentra en una zona</u> donde las condiciones indican un nivel “posiblemente peligroso para la salud” (rojo) o que suscitan “preocupaciones por la salud” (naranja), se deben tomar medidas protectoras y otras medidas de respuesta con arreglo al NIO1 y el NIO2 consignados en el cuadro 7 de la publicación del OIEA titulada <i>Medidas para proteger al público en una emergencia debida a condiciones graves en un reactor de agua ligera</i>, EPR-NPP PUBLIC PROTECTIVE ACTIONS, 2013.</p>			



**UTILÍCESE SOLO DESPUÉS DE CUMPLIMENTAR LA LISTA DE VERIFICACIÓN QUE FIGURA AL REVERSO.**

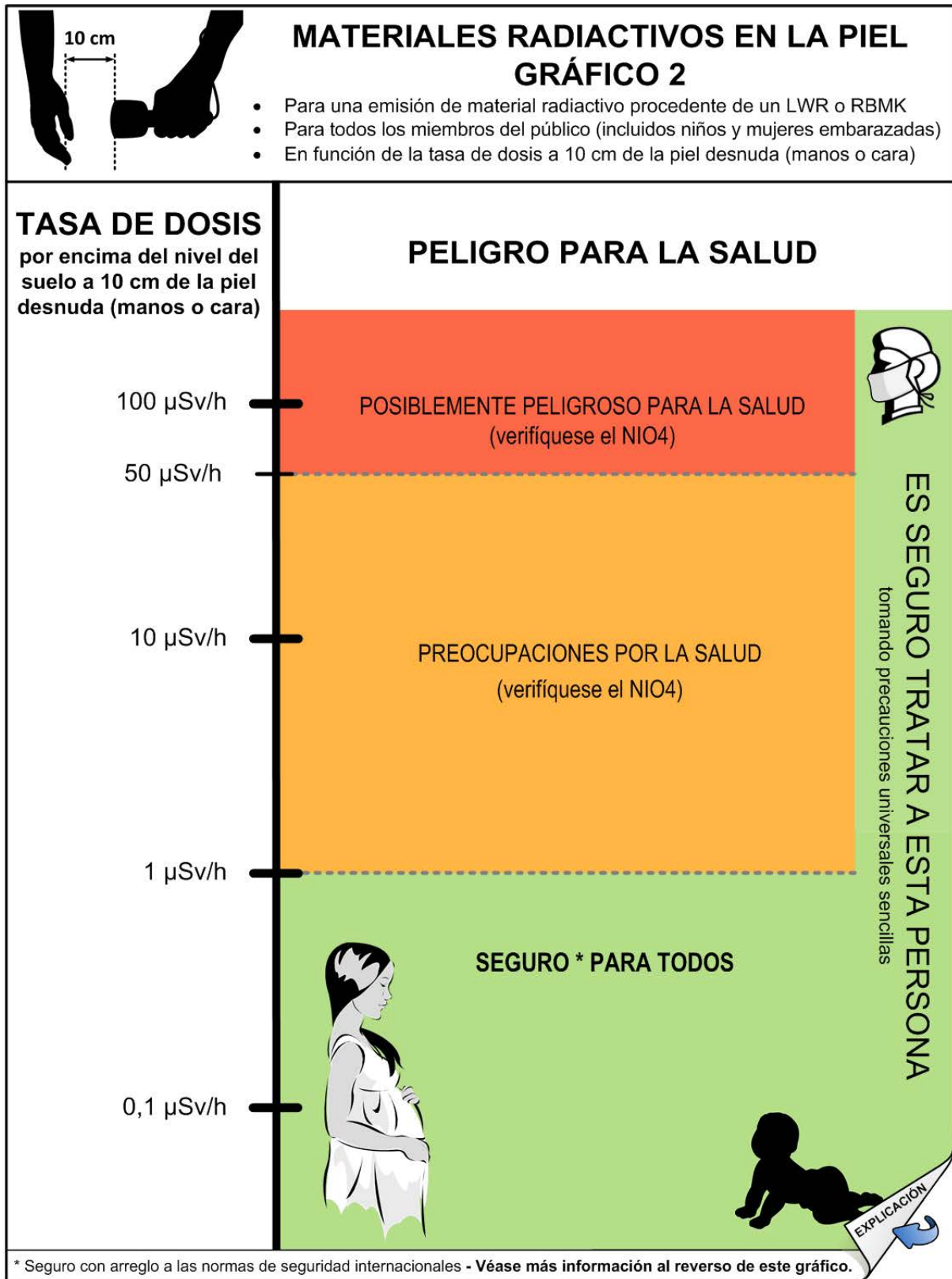


Gráfico 2. Peligro para la salud por contaminación en la piel tras una emisión procedente de un reactor o una piscina de combustible gastado de un LWR o RBMK en función de la tasa de dosis.

## GRÁFICO 2 EXPLICACIÓN

**LISTA DE VERIFICACIÓN “ANTES DEL USO”:** Si la respuesta a cualquiera de las siguientes preguntas es negativa no debe utilizarse este gráfico



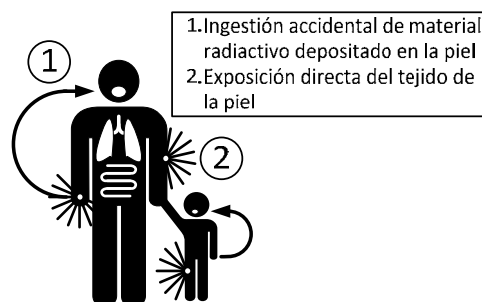
- |  |                             |                             |
|--|-----------------------------|-----------------------------|
| ¿Es la central nuclear un reactor LWR o RBMK?  | <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No |
| ¿Está usted evaluando el riesgo para la salud de la deposición de material radiactivo en la piel?          | <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No |
| ¿Se toma la medición de la tasa de dosis a 10 cm de la piel desnuda?                                       | <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No |
| ¿Se expresa la tasa de dosis en $\mu\text{Sv/h}$ ?   | <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No |
| ¿Está utilizando la tasa de dosis por encima del nivel de fondo?   | <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No |
| ¿Se encuentra usted fuera de la zona con respecto a la cual se recomendó la evacuación o el realojamiento? | <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No |

**PROPÓSITO:** En este gráfico se sitúa en perspectiva el vínculo entre la tasa de dosis en la piel y el posible peligro para la salud debido a la deposición de material radiactivo en la piel procedente de un reactor o una piscina de combustible gastado de un LWR o RBMK.

**CANTIDAD MEDIDA:** Tasa de dosis ( $\mu\text{Sv/h}$ ) por encima del nivel de fondo medida con un instrumento de medición de tasa de dosis a 10 cm de la piel desnuda (manos o cara).

**ESCENARIO DE EXPOSICIÓN:** Se tuvieron en cuenta todas las formas importantes de exposición a la radiación procedente de material radiactivo depositado en la piel y de ingestión de polvo contaminado de las manos (ingestión accidental).

**POBLACIÓN CONSIDERADA:** Los posibles peligros para la salud se indican para los miembros del público más sensibles a la radiación (por ejemplo, niños y mujeres embarazadas (feto)), razón por la que han quedado abarcados todos los miembros del público.



### PELIGRO EN PERSPECTIVA PARA LA SALUD:

**Siempre es seguro el tratamiento de una persona contaminada:** Las precauciones universales contra la infección (guantes, máscara, etc.) proveen suficiente protección al personal que trata a personas posiblemente contaminadas.

**Posiblemente peligroso para la salud (rojo):** Existe la posibilidad de que se produzcan efectos radioinducidos en la salud causantes de muerte o lesiones permanentes que reduzcan la calidad de vida (efectos deterministas graves) como, por ejemplo, hipotiroidismo (condición en que la glándula tiroides no produce suficientes hormonas tiroideas). En este nivel también existe la pequeña posibilidad de que se produzca un incremento observable de la incidencia de cáncer debido a casos de efectos radioinducidos si hay más de algunos cientos de personas expuestas.

**Preocupaciones por la salud (naranja):** El peligro para la salud es muy reducido. Sin embargo, existe la posibilidad de que se produzcan dosis que rebasen los criterios internacionales [1] y que exijan que se tomen medidas protectoras y otras medidas de respuesta, incluido un cribado, con el fin de evaluar más a fondo: a) el posible riesgo reducido para las mujeres embarazadas (feto) y b) el posible incremento reducido del riesgo de cánceres radioinducidos. Esto también puede indicar la probabilidad de que la persona haya ingerido o inhalado accidentalmente suficiente contaminación para originar dosis que rebasen los criterios genéricos que exigen un seguimiento médico.

**Seguro (verde):** Esta medida cumple las normas internacionales [1] ya que las dosis no rebasan los criterios genéricos en que se justifican medidas protectoras y otras medidas de respuesta para minimizar los efectos en la salud de la exposición a la radiación. Por debajo de este nivel no se producirán efectos deterministas graves ni un incremento observable de la incidencia de cáncer, incluso en un grupo expuesto muy numeroso. Además, el riesgo de cánceres y otros efectos en la salud es demasiado bajo para que se justifique adoptar medidas, como por ejemplo, un cribado [1].

### MEDIDAS PROTECTORAS Y OTRAS MEDIDAS DE RESPUESTA:

Si una persona posee niveles de material radiactivo en la piel que indican un nivel “posiblemente peligroso para la salud” (rojo) o que suscitan “preocupaciones por la salud” (naranja), es preciso que esa persona:

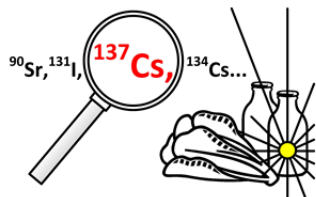
- tome medidas protectoras y otras medidas de respuesta con arreglo al NIO4 consignado en el cuadro 8 de la publicación del OIEA titulada: *Medidas para proteger al público en una emergencia debida a condiciones graves en un reactor de agua ligera*, EPR-NPP PUBLIC PROTECTIVE ACTIONS, 2013; y
- sea inscrita en un registro y sus dosis sean estimadas a los efectos de determinar si se justifica un examen o asesoramiento y seguimiento médicos. Solo expertos en el diagnóstico y el tratamiento de los efectos de la exposición a la radiación en la salud pueden evaluar esos efectos. Otros, como los médicos locales, probablemente no posean los conocimientos especializados necesarios para realizar ese tipo de evaluaciones.



**UTILÍCESE SOLO DESPUÉS DE CUMPLIMENTAR LA LISTA DE VERIFICACIÓN QUE FIGURA AL REVERSO.**

## CONSUMO DURANTE UN DÍA DE ALIMENTOS, LECHE O AGUA

### GRÁFICO 3A

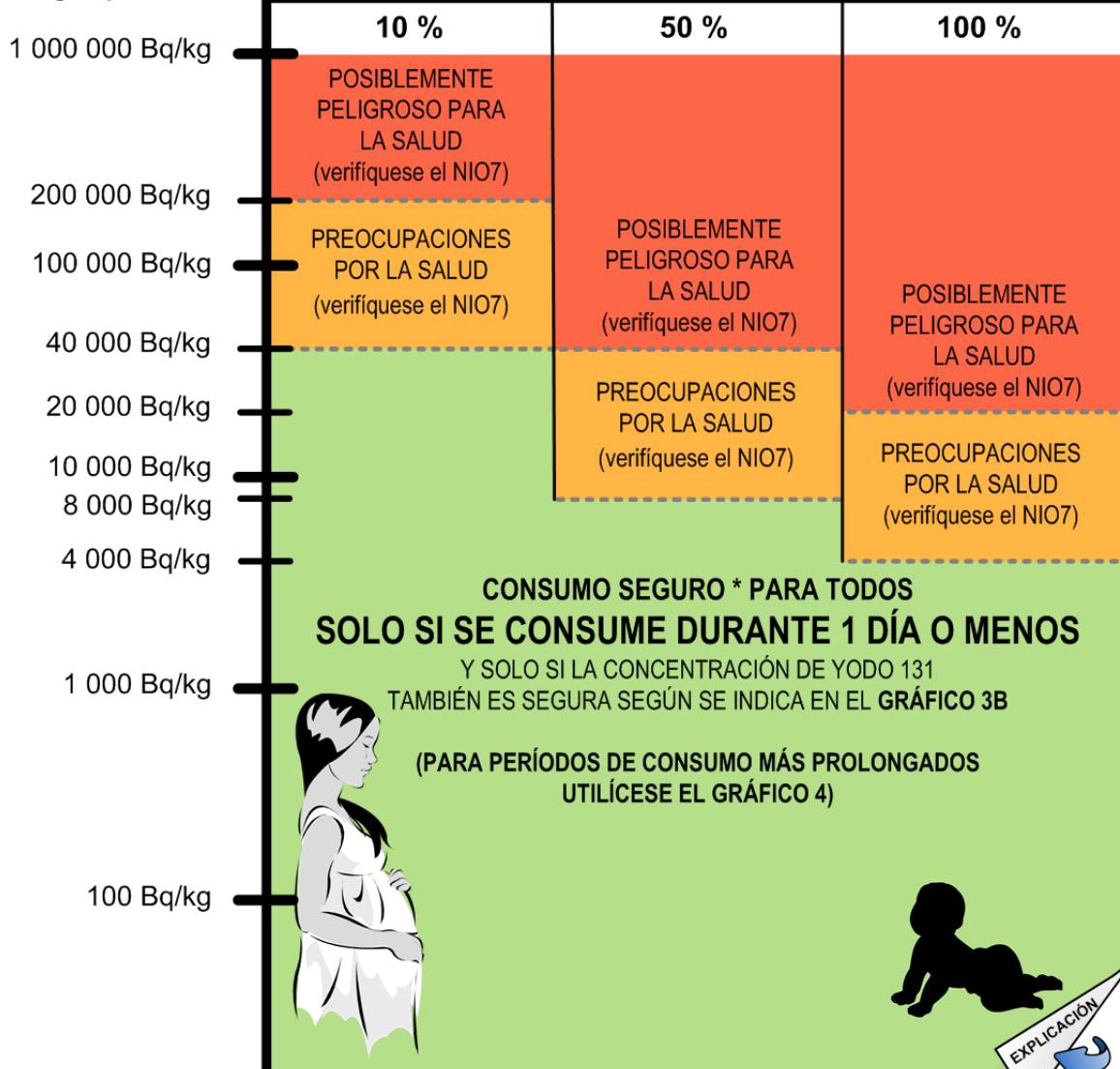


- Para una emisión de material radiactivo procedente de un LWR o RBMK
- Para todos los miembros del público (incluidos niños y mujeres embarazadas)
- Sobre la base del marcador cesio 137. **Se ha tenido en cuenta la contribución de todos los demás radionucleidos (por ejemplo, Ba 140, Sr 90, Cs 134...)**
- Utilícese junto con el gráfico 3B

**CONCENTRACIÓN DE CESIO 137 en alimentos, leche o agua potable**

### PELIGRO PARA LA SALUD

Porcentaje de la dieta con esta concentración de cesio 137



\* Seguro con arreglo a las normas de seguridad internacionales - Véase más información al reverso de este gráfico.

Gráfico 3A. Peligro para la salud por el consumo durante un día de alimentos, leche o agua potable afectados tras una emisión procedente de un reactor o una piscina de combustible gastado de LWR o RBMK en función de la concentración del marcador Cs 137.



## GRÁFICO 3A EXPLICACIÓN

**LISTA DE VERIFICACIÓN “ANTES DEL USO”:** Si la respuesta a cualquiera de las siguientes preguntas es negativa no debe utilizarse este gráfico

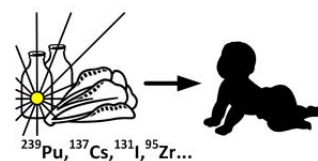


- |  |                             |                             |
|--|-----------------------------|-----------------------------|
| ¿Es la central nuclear un reactor LWR o RBMK?  | <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No |
| ¿Está usted evaluando el peligro para la salud que supone consumir alimentos, leche y agua potable durante un día? | <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No |
| ¿Representa la cantidad la concentración de Cs 137 en los alimentos, la leche o el agua?                           | <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No |
| ¿Se expresa la concentración en Bq/kg?   | <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No |
| ¿Se evaluó también la concentración de I 131 en los alimentos, la leche o el agua utilizando el gráfico 3B?        | <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No |
| ¿Se encuentra usted fuera de la zona para la que se recomendó la evacuación o el realojamiento?                    | <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No |

**PROPÓSITO:** En este gráfico se sitúa en perspectiva el vínculo entre las concentraciones de Cs 137 medidas en los alimentos, la leche y el agua potable y el posible peligro para la salud del consumo de alimentos, leche o agua afectados por una emisión procedente de un reactor o una piscina de combustible gastado de un LWR o RBMK cuando también se utiliza el gráfico 3B.

**CANTIDAD MEDIDA:** Concentración de los marcadores I 131 y Cs 137 en los alimentos, la leche o el agua potable (Bq/kg) determinada en el análisis de laboratorio. Todos los demás materiales radiactivos procedentes de una emisión que estarían presentes (por ejemplo, Sr 90, Te 132, I 135, Cs 134...) se tuvieron en cuenta sobre la base de sus cantidades previstas en relación con las concentraciones de CS 137 (consignadas en este gráfico) y de I 131 (consignadas en el gráfico 3B).

Ingestión de alimentos, leche y agua



**ESCENARIO DE EXPOSICIÓN:** Se trata de un único suceso de contaminación. Se supone que el 10 %, el 50 % o el 100 % de la dieta tiene la concentración indicada y que se consumió durante un período de **un día o menos**.

**POBLACIÓN CONSIDERADA:** Los posibles peligros para la salud que se indican corresponden a los miembros del público más sensibles a la radiación (por ejemplo, niños y mujeres embarazadas (feto)), razón por la que han quedado abarcados todos los miembros del público.

### PELIGRO EN PERSPECTIVA PARA LA SALUD:

**Posiblemente peligroso para la salud (rojo):** Existe la posibilidad de que se produzcan efectos radioinducidos en la salud causantes de muerte o lesiones permanentes que mermen la calidad de vida (efectos deterministas graves), como por ejemplo, hipotiroidismo (condición en que la glándula tiroides no produce suficientes hormonas tiroideas). En este nivel también existe la pequeña posibilidad de que se produzca un incremento observable en la incidencia de cáncer debido a casos de efectos radioinducidos si hay más de algunos cientos de personas expuestas.

**Preocupaciones por la salud (naranja):** El peligro para la salud es muy reducido. Sin embargo, existe la posibilidad de que se produzcan dosis que rebasen los criterios internacionales [1] y que exijan que se tomen medidas protectoras y otras medidas de respuesta, que incluyan un cribado, con el fin de evaluar más a fondo: a) el posible riesgo reducido para las mujeres embarazadas (feto) y b) el posible incremento reducido del riesgo de cánceres radioinducidos.

**Seguro (verde): Solo seguro para el consumo durante un día.** Esta medida cumple las normas internacionales [1] ya que las dosis no rebasan los criterios genéricos en que se justifican medidas protectoras y otras medidas de respuesta para minimizar los efectos en la salud de la exposición a la radiación, siempre que la concentración de I 131 sea también segura según se indica en el gráfico 3B. Por debajo de este nivel no se producirán efectos deterministas graves ni un incremento observable de la incidencia de cáncer, incluso en un grupo expuesto muy numeroso. Además, el riesgo de cánceres y otros efectos en la salud es demasiado bajo para que se justifique adoptar medidas, como por ejemplo, un cribado [1].

### MEDIDAS PROTECTORAS Y OTRAS MEDIDAS DE RESPUESTA:

**Si una persona ha consumido** alimentos, leche o agua con concentraciones que indican un nivel “posiblemente peligroso para la salud” (rojo) o que suscitan “preocupaciones por la salud” (naranja), esa persona debe ser inscrita en un registro y sus dosis deben ser estimadas a los efectos de determinar si se justifica un cribado o asesoramiento y seguimiento médicos. Solo expertos en el diagnóstico y el tratamiento de los efectos de la exposición a la radiación en la salud pueden evaluar esos efectos. Otros, como los médicos locales, probablemente no posean los conocimientos especializados necesarios para realizar ese tipo de evaluaciones.

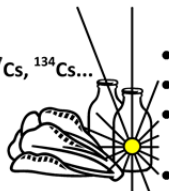
**Si las concentraciones de alimentos, leche o agua indican** un nivel “posiblemente peligroso para la salud” (rojo) o suscitan “preocupaciones por la salud” (naranja), se deben tomar medidas protectoras y otras medidas de respuesta con arreglo al NIO7 consignado en el cuadro 9 de la publicación del OIEA, titulada: *Medidas para Proteger al Público en una Emergencia Debida a Condiciones graves en un Reactor de Agua Ligera*, EPR-NPP PUBLIC PROTECTIVE ACTIONS, 2013



**UTILÍCESE SOLO DESPUÉS DE CUMPLIMENTAR LA LISTA DE VERIFICACIÓN QUE FIGURA AL REVERSO.**

## CONSUMO DURANTE UN DÍA DE ALIMENTOS, LECHE O AGUA

### GRÁFICO 3B



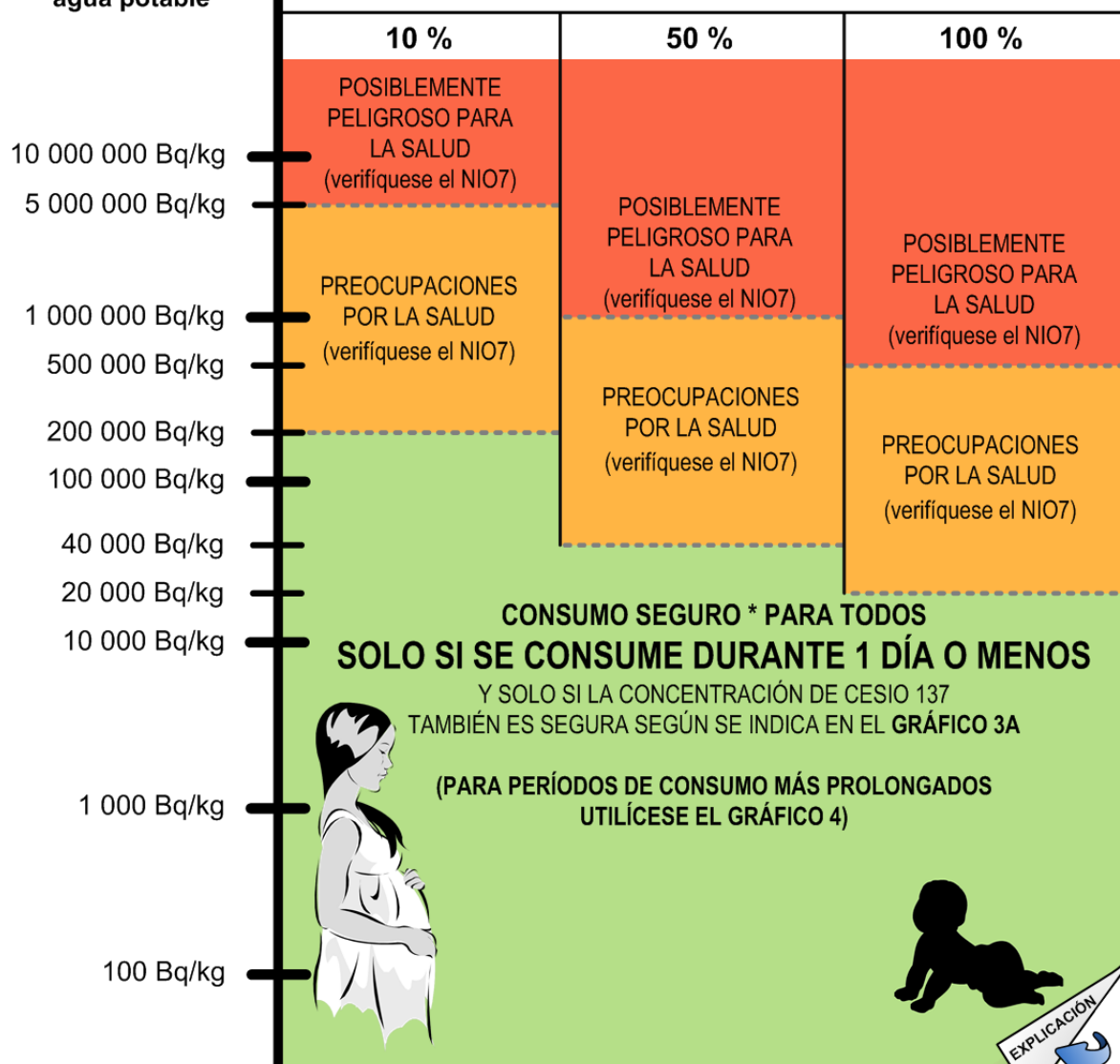
- Para una emisión de material radiactivo procedente de un LWR o RBMK
- Para todos los miembros del público (incluidos niños y mujeres embarazadas)
- Sobre la base del marcador yodo 131. **Se ha tenido en cuenta la contribución de todos los demás radionucleidos (por ejemplo, Ba 140, Sr 90, Cs 134...)**
- Utilícese junto con el gráfico 3A

#### CONCENTRACIÓN DE YODO 131

en alimentos, leche o agua potable

#### PELIGRO PARA LA SALUD

Porcentaje de la dieta con esta concentración de Yodo 131



\* Seguro con arreglo a las normas de seguridad internacionales - Véase más información al reverso de este gráfico.

Gráfico 3B. Peligro para la salud por el consumo durante un día de alimentos, leche o agua potable afectados tras una emisión procedente de un reactor o una piscina de combustible gastado de un LWR o RBMK en función de la concentración del marcador I 131.

## GRÁFICO 3B EXPLICACIÓN

**LISTA DE VERIFICACIÓN “ANTES DEL USO”:** Si la respuesta a cualquiera de las siguientes preguntas es negativa no debe utilizarse este gráfico



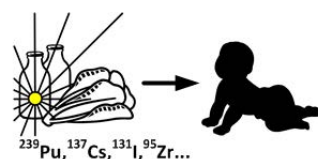
- |  |   |
|--|---|
| ¿Es la central nuclear un reactor LWR o RBMK?  | <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No |
| ¿Está usted evaluando el peligro para la salud por el consumo durante un día de alimentos, leche o agua?     | <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No |
| ¿Representa la cantidad la concentración de I 131 en los alimentos, la leche o el agua?                      | <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No |
| ¿Se expresa la concentración en Bq/kg?   | <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No |
| ¿Se evaluó también la concentración de Cs 137 en los alimentos, la leche o el agua utilizando el gráfico 3A? | <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No |
| ¿Se encuentra usted fuera de la zona para la que se recomendó la evacuación o el realojamiento?              | <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No |

**PROPÓSITO:** En este gráfico se sitúa en perspectiva el vínculo entre las concentraciones de I 131 medidas en los alimentos, la leche y el agua potable y el posible peligro para la salud por el consumo de alimentos, leche o agua afectados por una emisión procedente de un reactor o una piscina de combustible gastado de un LWR o RBMK cuando se utiliza también con el gráfico 3A.

**CANTIDAD MEDIDA:** Concentración de los marcadores I 131 y Cs 137 en los alimentos, la leche o el agua potable (Bq/kg) determinada por análisis de laboratorio. Todos los demás materiales radiactivos procedentes de una emisión que estarían presentes (por ejemplo, Sr 90, Te 132, I 135, Cs 134...) se tuvieron en cuenta sobre la base de sus cantidades previstas en relación con las concentraciones de I 131 (consignadas en este gráfico) y de Cs 137 (consignadas en el gráfico 3A).

**ESCENARIO DE EXPOSICIÓN:** Se trata de un único suceso de contaminación. Se supone que el 10 %, el 50 % o el 100 % de la dieta tiene la concentración indicada y que se consumió durante un período de **un día o menos**.

Ingestión de alimentos, leche y agua



**POBLACIÓN CONSIDERADA:** Los posibles peligros para la salud señalados corresponden a los miembros del público más sensibles a la radiación (por ejemplo, niños y mujeres embarazadas (feto)), razón por la que han quedado abarcados todos los miembros del público.

### PELIGRO EN PERSPECTIVA PARA LA SALUD:

**Posiblemente peligroso para la salud (rojo):** Existe la posibilidad de que se produzcan efectos radioinducidos en la salud causantes de muerte o lesiones permanentes que reduzcan la calidad de vida (efectos deterministas graves) como, por ejemplo, el hipotiroidismo (condición en que la glándula tiroides no produce suficientes hormonas tiroideas). En este nivel también existe la pequeña posibilidad de que se produzca un incremento observable de la incidencia de cáncer debido a casos de efectos radioinducidos si hay más de algunos cientos de personas expuestas.

**Preocupaciones por la salud (naranja):** El peligro para la salud es muy reducido. Sin embargo, existe la posibilidad de que se produzcan dosis que rebasen los criterios internacionales [1] y que exijan que se tomen medidas protectoras y otras medidas de respuesta, que incluyan un cribado, con el fin de evaluar más a fondo: a) el posible riesgo reducido para las mujeres embarazadas (feto) y b) el posible incremento reducido del riesgo de cánceres radioinducidos.

**Seguro (verde): Solo seguro para el consumo durante un día.** Esta medida cumple las normas internacionales [1] ya que las dosis no rebasan los criterios genéricos en que se justifican medidas protectoras y otras medidas de respuesta para minimizar los efectos en la salud de la exposición a la radiación, siempre que la concentración de Cs 137 sea también segura según se indica en el gráfico 3B. Por debajo de este nivel no se producirán efectos deterministas graves ni un incremento observable de la incidencia de cáncer, incluso en un grupo expuesto muy numeroso. Además, el riesgo de cánceres y otros efectos en la salud es demasiado bajo para que se justifique adoptar medidas, como por ejemplo, un cribado [1].

### MEDIDAS PROTECTORAS Y OTRAS MEDIDAS DE RESPUESTA

**Si una persona ha consumido** alimentos, leche o agua con concentraciones que indican un nivel “posiblemente peligroso para la salud” (rojo) o que suscitan “preocupaciones por la salud” (naranja), esa persona debe ser inscrita en un registro y sus dosis deben ser estimadas a los efectos de determinar si se justifica un examen o asesoramiento y seguimiento médicos. Solo expertos en el diagnóstico y el tratamiento de los efectos de la exposición a la radiación en la salud pueden evaluar esos efectos. Otros, como los médicos locales, probablemente no posean los conocimientos especializados necesarios para realizar ese tipo de evaluaciones.

**Si las concentraciones de alimentos, leche o agua indican** un nivel “posiblemente peligroso para la salud” (rojo) o suscitan “preocupaciones por la salud” (naranja), se deben tomar medidas protectoras y otras medidas de respuesta con arreglo al NIO7 consignado en el cuadro 9 de la publicación del OIEA, titulada: *Medidas para proteger al público en una emergencia debida a condiciones graves en un reactor de agua ligera*, EPR-NPP PUBLIC PROTECTIVE ACTIONS, 2013.

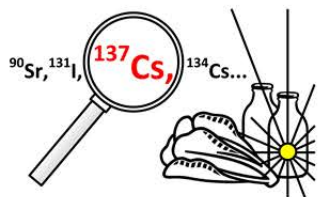




**UTILÍCESE SOLO DESPUÉS DE CUMPLIMENTAR LA LISTA DE VERIFICACIÓN QUE FIGURA AL REVERSO.**

## CONSUMO DURANTE UN AÑO DE ALIMENTOS, LECHE O AGUA

### GRÁFICO 4A



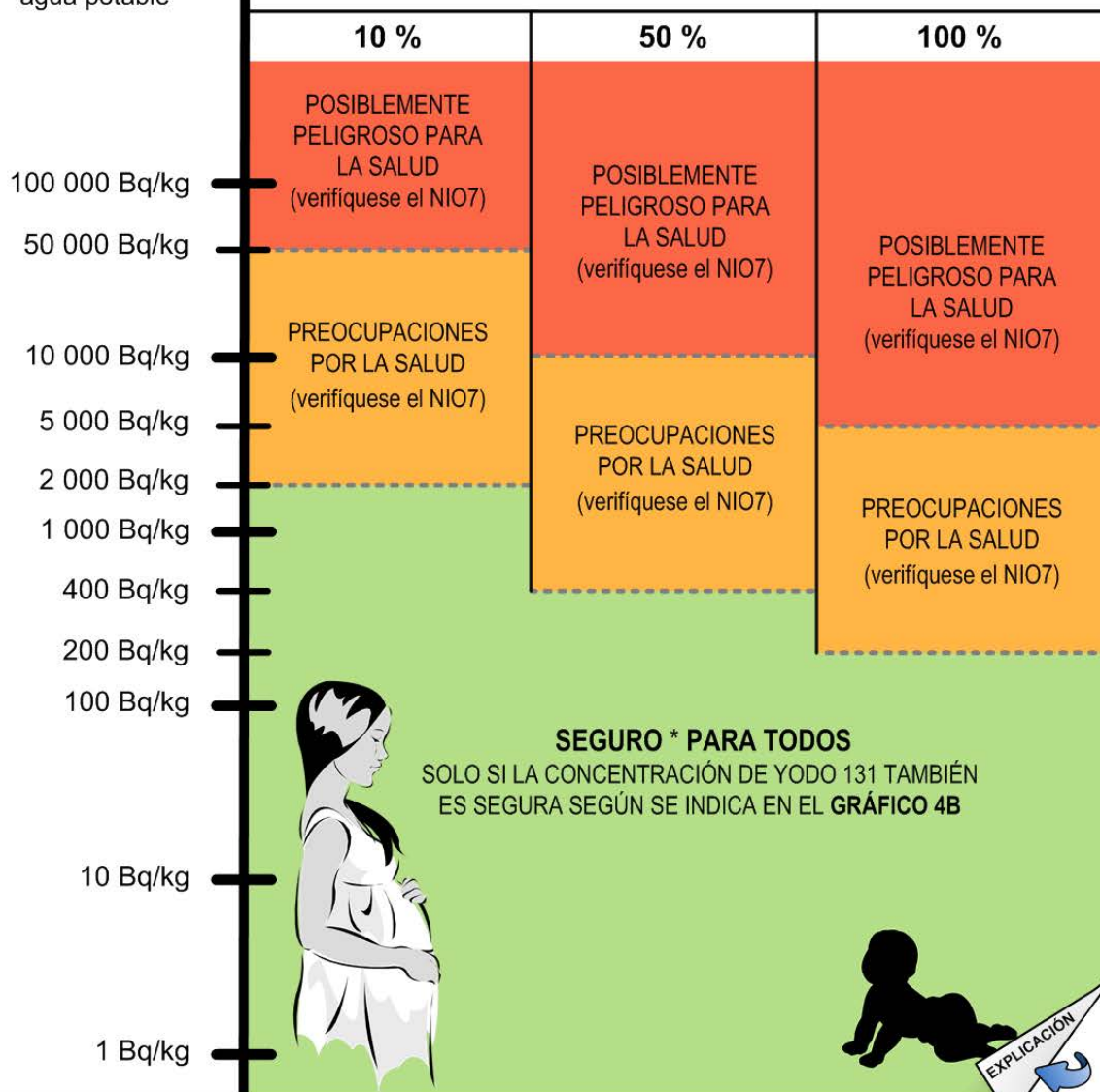
- Para una emisión de material radiactivo procedente de un LWR o RBMK
- Para todos los miembros del público (incluidos niños y mujeres embarazadas)
- Sobre la base del marcador cesio 137. *Se ha tenido en cuenta la contribución de todos los demás radionucleidos (por ejemplo, Ba 140, Sr 90, Cs 134...)*
- Utilícese junto con el gráfico 4B

#### CONCENTRACIÓN DE CESIO 137

en alimentos, leche o agua potable

#### PELIGRO PARA LA SALUD

Porcentaje de la dieta con esta concentración de cesio 137



\* Seguro con arreglo a las normas de seguridad internacionales - Véase más información al reverso de este gráfico.

Gráfico 4A. Peligro para la salud por el consumo durante **un año** de alimentos, leche o agua potable afectados tras una emisión procedente de un reactor o una piscina de combustible gastado de un LWR o RBMK en función de la concentración del marcador CS 137.

## GRÁFICO 4A EXPLICACIÓN

LISTA DE VERIFICACIÓN “ANTES DEL USO”: Si la respuesta a cualquiera de las siguientes preguntas es negativa no debe utilizarse este gráfico		
	¿Es la central nuclear un reactor LWR o RBMK?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
	¿Está usted evaluando el peligro para la salud que supone consumir alimentos, leche y agua durante un año?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
	¿Representa la cantidad la concentración de Cs 137 en los alimentos, la leche o el agua?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
	¿Se expresa la concentración en Bq/kg?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
	¿Se evaluó también la concentración de I 131 en los alimentos, la leche o el agua utilizando el gráfico 4B?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
	¿Se encuentra usted fuera de la zona para la que se recomendó la evacuación o el realojamiento?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<b>PROPÓSITO:</b> En este gráfico se sitúa en perspectiva el vínculo entre las concentraciones de Cs 137 medidas en los alimentos, la leche y el agua potable y el posible peligro para la salud del consumo de alimentos, leche o agua afectados por una emisión procedente de un reactor o una piscina de combustible gastado de un LWR o RBMK cuando también se utiliza el gráfico 4B		
<b>CANTIDAD MEDIDA:</b> Concentración de los marcadores I 131 y Cs 137 en los alimentos, la leche o el agua potable (Bq/kg) determinada en el análisis de laboratorio. Todos los demás materiales radiactivos procedentes de una emisión que estarían presentes (por ejemplo, Sr 90, Te 132, I 135, Cs 134...) se tuvieron en cuenta sobre la base de sus cantidades previstas en relación con las concentraciones de Cs 137 (consignadas en este gráfico) y de I 131 (consignadas en el gráfico 4B).	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Ingestión de alimentos, leche y agua         </div> 	
<b>ESCENARIO DE EXPOSICIÓN:</b> Se trata de un único suceso de contaminación. Se supone que el 10 %, el 50 % o el 100 % de la dieta inicialmente durante <b>un año</b> tiene la concentración indicada.		
<b>POBLACIÓN CONSIDERADA:</b> Los posibles peligros para la salud que se indican son para los miembros del público más sensibles a la radiación (por ejemplo, niños y mujeres embarazadas (feto), razón por la que han quedado abarcados todos los miembros del público.		
<b>PELIGRO EN PERSPECTIVA PARA LA SALUD:</b> <p><b>Posiblemente peligroso para la salud (rojo):</b> Existe la posibilidad de que se produzcan efectos radioinducidos en la salud causantes de muerte o lesiones permanentes que reduzcan la calidad de vida (efectos deterministas graves) como, por ejemplo, hipotiroidismo (condición en que la glándula tiroides no produce suficientes hormonas tiroideas). En este nivel también existe la pequeña posibilidad de que se produzca un incremento observable en la incidencia de cáncer debido a casos de efectos radioinducidos si hay más de algunos cientos de personas expuestas.</p> <p><b>Preocupaciones por la salud (naranja):</b> El peligro para la salud es muy reducido. Sin embargo, existe la posibilidad de que se produzcan dosis que rebasen los criterios internacionales [1] y que exijan que se tomen medidas protectoras y otras medidas de respuesta, que incluyan un cribado, con el fin de evaluar más a fondo: a) el posible riesgo reducido para las mujeres embarazadas (feto) y b) el posible incremento reducido del riesgo de cánceres radioinducidos.</p> <p><b>Seguro (verde):</b> Esta medida cumple las normas internacionales [1] ya que las dosis no rebasan los criterios genéricos en que se justifican medidas protectoras y otras medidas de respuesta para minimizar los efectos en la salud de la exposición a la radiación, siempre que también sea segura la concentración de I 131, según se indica en el gráfico 4B. Por debajo de este nivel no se producirán efectos deterministas graves ni un incremento observable de la incidencia de cáncer, incluso en un grupo expuesto muy numeroso. Además, el riesgo de cánceres y otros efectos en la salud es demasiado bajo para que se justifique adoptar medidas, como por ejemplo, un cribado [1].</p>		
<b>MEDIDAS PROTECTORAS Y OTRAS MEDIDAS DE RESPUESTA:</b> <p><b>Si una persona ha consumido</b> alimentos, leche o agua con concentraciones que indican un nivel “posiblemente peligroso para la salud” (rojo) o que suscitan “preocupaciones por la salud” (naranja), esa persona debe ser inscrita en un registro y sus dosis deben ser estimadas a los efectos de determinar si se justifica un examen o asesoramiento y seguimiento médicos. Solo expertos en el diagnóstico y el tratamiento de los efectos en la salud de la exposición a la radiación pueden evaluar esos efectos. Otros, como los médicos locales, probablemente no posean los conocimientos especializados necesarios para realizar ese tipo de evaluaciones.</p> <p><b>Si las concentraciones de alimentos, leche o agua indican</b> un nivel “posiblemente peligroso para la salud” (rojo) o suscitan “preocupaciones por la salud” (naranja), se deben tomar medidas protectoras y otras medidas de respuesta con arreglo al NIO7 consignado en el cuadro 9 de la publicación del OIEA, titulada: <i>Medidas para proteger al público en una emergencia debida a condiciones graves en un reactor de agua ligera</i>, EPR-NPP PUBLIC PROTECTIVE ACTIONS, 2013. Los NIO se establecieron en niveles muy inferiores a aquellos en que cabría prever efectos radioinducidos en la salud; por tanto, si es probable que la restricción del consumo provoque malnutrición muy grave o deshidratación por no disponerse de reemplazos, los alimentos, la leche o el agua con niveles de concentración que superen el valor NIO7 pueden consumirse, según indiquen los funcionarios locales, hasta que se disponga de reemplazos.</p>		



**UTILÍCESE SOLO DESPUÉS DE CUMPLIMENTAR LA LISTA DE VERIFICACIÓN QUE FIGURA AL REVERSO.**

## CONSUMO DURANTE UN AÑO DE ALIMENTOS, LECHE O AGUA

### GRÁFICO 4B



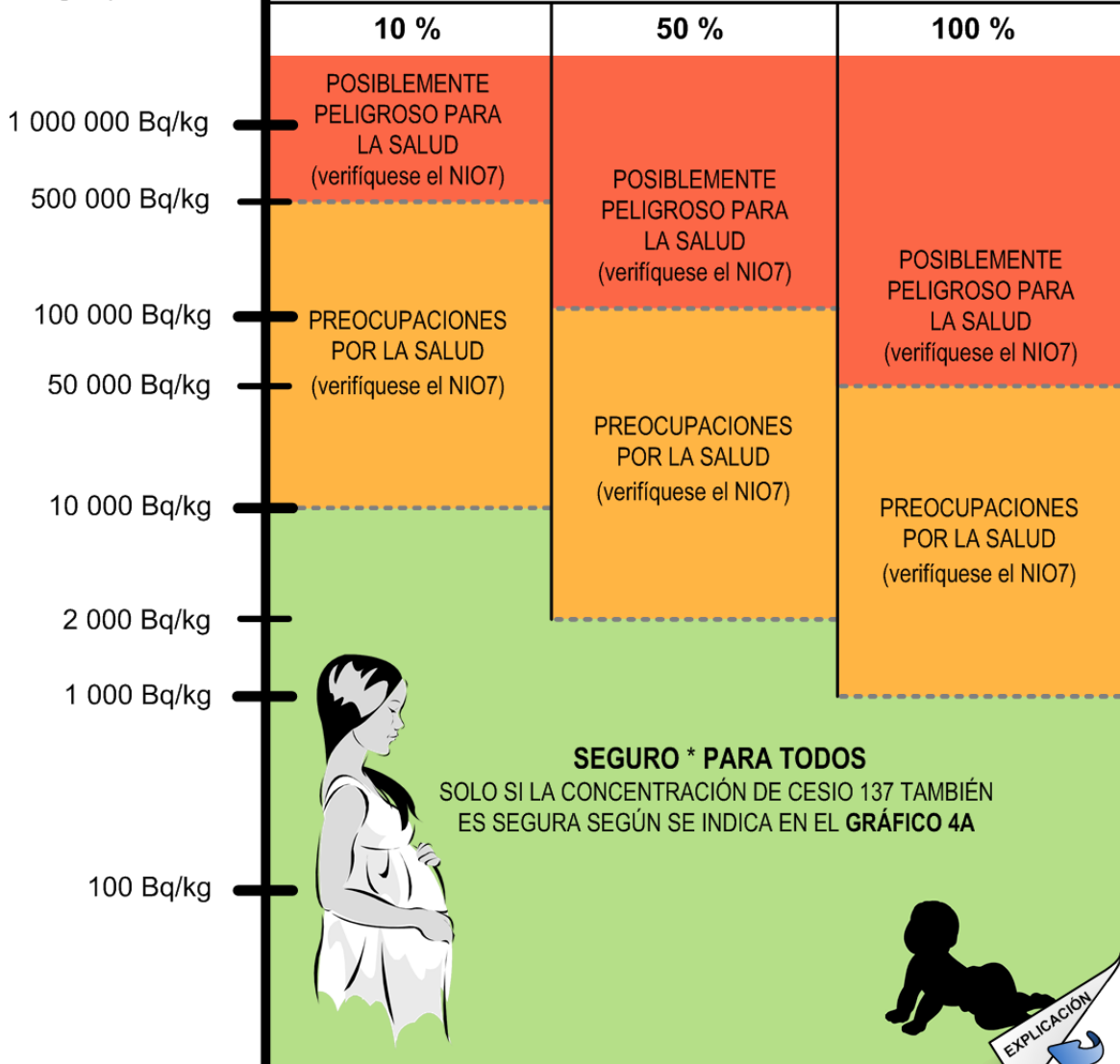
- Para una emisión de material radiactivo procedente de un LWR o RBMK
- Para todos los miembros del público (incluidos niños y mujeres embarazadas)
- Sobre la base del marcador yodo 131. **Se ha tenido en cuenta la contribución de todos los demás radionucleidos (por ejemplo, Ba 140, Sr 90, Cs 134...)**
- Utilícese junto con el gráfico 4A

#### CONCENTRACIÓN DE YODO 131

en alimentos, leche o agua potable

#### PELIGRO PARA LA SALUD

Porcentaje de la dieta con esta concentración de yodo 131



\* Seguro con arreglo a las normas de seguridad internacionales - Véase más información al reverso de este gráfico.

Gráfico 4B. Peligro para la salud por el consumo durante un año de alimentos, leche o agua potable afectados tras una emisión procedente de un reactor o una piscina de combustible gastado de un LWR o RBMK en función de la concentración del marcador I 131.

## GRÁFICO 4B EXPLICACIÓN

**LISTA DE VERIFICACIÓN “ANTES DEL USO”:** Si la respuesta a cualquiera de las siguientes preguntas es negativa no debe utilizarse este gráfico



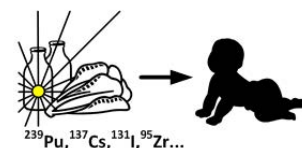
- |  |   |
|--|---|
| ¿Es la central nuclear un reactor LWR o RBMK?  | <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No |
| ¿Está usted evaluando el peligro para la salud que supone consumir alimentos, leche y agua durante un año?   | <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No |
| ¿Representa la cantidad la concentración de I 131 en los alimentos, la leche o el agua?                      | <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No |
| ¿Se expresa la concentración en Bq/kg?   | <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No |
| ¿Se evaluó también la concentración de Cs 137 en los alimentos, la leche o el agua utilizando el gráfico 4A? | <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No |
| ¿Se encuentra usted fuera de la zona para la que se recomendó la evacuación o el realojamiento?              | <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No |

**PROPÓSITO:** En este gráfico se sitúa en perspectiva el vínculo entre las concentraciones de I 131 medidas en los alimentos, la leche y el agua potable y el posible peligro para la salud que representa el consumo de alimentos, leche o agua afectados por una emisión procedente de un reactor o una piscina de combustible gastado de un LWR o RBMK cuando también se utiliza con el gráfico 4A.

**CANTIDAD MEDIDA:** Concentración del marcador I 131 y el marcador Cs 137 en los alimentos, la leche o el agua potable (Bq/kg) determinada en el análisis de laboratorio. Todos los demás materiales radiactivos procedentes de una emisión que estarían presentes (por ejemplo, Sr 90, Te 132, I 135, Cs 134...) se tuvieron en cuenta sobre la base de sus cantidades previstas en relación con las concentraciones de I 131 (consignadas en este gráfico) y de Cs 137 (consignadas en el gráfico 4A).

**ESCENARIO DE EXPOSICIÓN:** Se trata de un único suceso de contaminación. Se supone que el 10 %, el 50 % o el 100 % de la dieta durante **un año** inicialmente tiene la concentración indicada.

Ingestión de alimentos, leche y agua



**POBLACIÓN CONSIDERADA:** Los posibles peligros para la salud que se indican corresponden a los miembros del público más sensibles a la radiación (por ejemplo, niños y mujeres embarazadas (feto)), razón por la que han quedado abarcados todos los miembros del público.

### PELIGRO EN PERSPECTIVA PARA LA SALUD:

**Posiblemente peligroso para la salud (rojo):** Existe la posibilidad de que se produzcan efectos radioinducidos en la salud causantes de muerte o lesiones permanentes que reduzcan la calidad de vida (efectos deterministas graves), como por ejemplo, hipotiroidismo (condición en que la glándula tiroides no produce suficientes hormonas tiroideas). En este nivel también existe la pequeña posibilidad de que se produzca un incremento observable en la incidencia de cáncer debido a casos de efectos radioinducidos si hay más de algunos cientos de personas expuestas.

**Preocupaciones por la salud (naranja):** El peligro para la salud es muy reducido. Sin embargo, existe la posibilidad de que se produzcan dosis que rebasen los criterios internacionales [1] y que exijan que se tomen medidas protectoras y otras medidas de respuesta, que incluyan un cribado, con el fin de evaluar más a fondo: a) el posible riesgo reducido para las mujeres embarazadas (feto) y b) el posible incremento reducido del riesgo de cánceres radioinducidos.

**Seguro (verde):** Esta medida cumple las normas internacionales [1] ya que las dosis no rebasan los criterios genéricos en que se justifican medidas protectoras y otras medidas de respuesta para minimizar los efectos en la salud de la exposición a la radiación, siempre que la concentración de Cs 137 sea también segura según se indica en el gráfico 4A. Por debajo de este nivel no se producirán efectos deterministas graves ni un incremento observable de la incidencia de cáncer, incluso en un grupo expuesto muy numeroso. Además, el riesgo de cánceres y otros efectos en la salud es demasiado bajo para que se justifique la adopción de medidas, como por ejemplo, un cribado [1].

### MEDIDAS PROTECTORAS Y OTRAS MEDIDAS DE RESPUESTA:

**Si una persona ha consumido** alimentos, leche o agua con concentraciones que indican un nivel “posiblemente peligroso para la salud” (rojo) o que suscitan “preocupaciones por la salud” (naranja), esa persona debe ser inscrita en un registro y sus dosis deben ser estimadas a los efectos de determinar si se justifica un examen o asesoramiento y seguimiento médicos. Solo expertos en el diagnóstico y el tratamiento de los efectos en la salud de la exposición a la radiación pueden evaluar esos efectos. Otros, como los médicos locales, probablemente no posean los conocimientos especializados necesarios para realizar ese tipo de evaluaciones.

**Si las concentraciones de alimentos, leche o agua indican** un nivel “posiblemente peligroso para la salud” (rojo) o suscitan “preocupaciones por la salud” (naranja), se deben tomar medidas con arreglo al NIO7 consignado en el cuadro 9 de la publicación del OIEA, titulada: *Medidas para proteger al público en una emergencia debida a condiciones graves en un reactor de agua ligera*, EPR-NPP PUBLIC PROTECTIVE ACTIONS, 2013. Los NIO se establecieron a niveles muy inferiores a aquellos en que cabría prever efectos radioinducidos en la salud; por tanto, si es probable que la restricción del consumo provoque malnutrición muy grave o deshidratación por no disponerse de reemplazos, los alimentos, la leche o el agua con niveles de concentración que superen el valor NIO7 pueden consumirse, según indiquen los funcionarios locales, hasta que se disponga de reemplazos.

#### 7.4 ERRORES COMUNES COMETIDOS EN EL USO DE LAS CANTIDADES MEDIDAS O LAS DOSIS CALCULADAS PARA SITUAR EN PERSPECTIVA LOS PELIGROS PARA SALUD

En una emergencia se notifican diversas cantidades medidas, como la tasa de dosis, la concentración en alimentos y las dosis calculadas, que a menudo se utilizan para explicar el posible peligro para la salud de materiales radiactivos procedentes del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor. Con frecuencia esto se ha hecho incorrectamente, creando gran confusión entre los expertos, los encargados de adoptar decisiones y el público y llevando a las personas a tomar medidas injustificadas que causan más daños que beneficios en la creencia de que esas medidas les protegen a ellas y su familia.

Como se examina en la sección 7.2.1., las medidas que no se justifican atendiendo al riesgo de radiación son entre otras, las siguientes: abortos voluntarios, rechazo de productos procedentes de la zona afectada, evacuaciones que ponen en peligro la vida (por ejemplo, de pacientes en hospitales) [10], realojamientos no justificados, el uso de formas inapropiadas de agentes bloqueadores de la tiroides y la petición de exámenes médicos que no se justifican (por ejemplo, de “sanos preocupados”) que interfieren en el tratamiento de quienes corren mayor riesgo.

En el cuadro 15 se resumen los errores comunes que se han cometido tratando de situar en perspectiva los peligros para la salud de los materiales radiactivos emitidos del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor. El cuadro 15 puede emplearse para definir errores comunes en la evaluación y explica la razón por la que tal vez no sea fiable o eficaz una evaluación de ese tipo.

Si se presenta al público, a los encargados de adoptar decisiones o a una persona una evaluación del peligro para la salud basada en una dosis calculada o una cantidad medida:

- se debe verificar si se ha cometido alguno de los errores comunes mencionados en el cuadro 15, y
- si se detectan errores, se debe dar al público y a los encargados de adoptar decisiones la explicación, que también figura en el cuadro 15, por la que tal vez no sea fiable o útil esa evaluación.



**CUADRO 15. ERRORES COMUNES COMETIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LOS PELIGROS RADIOLÓGICOS PARA LA SALUD**

<b>Errores comunes</b>	<b>Explicación y posibles consecuencias</b>
No responder la pregunta principal del público: “¿Estoy seguro?”	Las evaluaciones que no responden la pregunta principal del público: “¿Estoy seguro?” pueden llevar a los miembros del público o los encargados de adoptar decisiones a tomar medidas injustificadas que causen más daños que beneficios en la creencia de que se protegen ellos y los demás del peligro.
No explicar claramente que se han tomado en consideración todos los miembros del público, incluidos niños y mujeres embarazadas (y el feto), así como todas las formas en que pueden quedar expuestos	Las evaluaciones en que no se toman en consideración los miembros del público más sensibles a la radiación (es decir, niños y mujeres embarazadas) o todas las formas en que pueden quedar expuestos (o no se explica con claridad que esto se tuvo en cuenta), pueden llevar al público o los encargados de adoptar decisiones a tomar medidas que causen más daños que beneficios en la creencia de que con ello se protege a todas las personas, incluidas las más sensibles a la radiación.
No evaluar de manera coherente el peligro para la salud (por ejemplo, contar con varias fuentes de información oficial) o utilizar términos imprecisos y ambiguos	Las evaluaciones incoherentes o ambiguas causan confusión y socavan la confianza del público en las declaraciones oficiales.
Utilizar datos iniciales, incompletos o inciertos sin indicar claramente el posible riesgo para la salud	Las evaluaciones basadas en datos incompletos o inciertos podrían llevar a que se sobreestime o se subestime el peligro para la salud y a que se modifiquen las evaluaciones a medida que mejoren los datos, lo que podría socavar la confianza del público. Cuando se utilicen datos iniciales será preciso aclarar que esas evaluaciones son preliminares y que probablemente se modifiquen a medida que se disponga de datos nuevos o mejorados.
Emplear la dosis efectiva	Las evaluaciones basadas únicamente en la dosis efectiva no son fiables. La dosis efectiva no puede utilizarse para evaluar de manera fiable los posibles efectos radioinducidos en la salud [24, 36]. El empleo de la dosis efectiva puede subestimar el peligro para la salud de la emisión procedente del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor.
Utilizar del sievert (Sv) sin indicar claramente la cantidad que representa	Las evaluaciones en que no se indica claramente el tipo de sievert que se utiliza no son útiles. Varias cantidades dosimétricas diferentes (por ejemplo, la dosis equivalente en un órgano o tejido, la dosis efectiva, la dosis equivalente ambiental o la dosis equivalente personal) se dan en sievert y aunque las unidades son las mismas, son cantidades distintas que no pueden compararse [24, 36]. Solo la dosis equivalente, que es la dosis en un órgano o tejido (por ejemplo, la tiroides) de una persona en particular, puede utilizarse para evaluar los posibles efectos en la salud, pero solo si se ha calculado correctamente (véase más información en la sección 7.5).
Proyectar mortalidad excesiva por cáncer	<p>Las evaluaciones en que se proyecta mortalidad excesiva por cáncer no son fiables. El motivo radica en la imposibilidad de pronosticar el posible número de cánceres resultantes de una emergencia en los primeros meses a años posteriores a la emergencia. La única manera en que puede detectarse el exceso de cánceres con certeza es estudiando las estadísticas de cáncer de la población afectada por dosis altas en un período de muchos años. En dosis bajas (inferiores a los criterios genéricos internacionales que exigen medidas protectoras u otras medidas de respuesta), no se produce un incremento observable en la incidencia de cáncer, incluso en grupos expuestos muy numerosos.</p> <p>Las previsiones de excesos de muertes suelen basarse en el uso inapropiado del coeficiente de riesgo mortal (como “muertes por sievert de dosis efectiva colectiva”) determinado por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) y otros. Este coeficiente tenía la finalidad de servir solo para fines de protección radiológica y su uso nunca estuvo destinado a prever las consecuencias en la salud, como señaló la ICRP [36], por los motivos siguientes:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ debido a la incertidumbre de los efectos en la salud a bajas dosis, la ICRP estima que no es adecuado, para los propósitos de la planificación de la salud pública, calcular el número hipotético de casos de cáncer o de enfermedad heredable que podría asociarse a dosis de radiación muy pequeñas sufridas por un número grande de personas durante períodos muy prolongados [36].</li> <li>○ la dosis efectiva tiene como propósito su uso para la planificación y optimización de la protección radiológica y para la demostración del cumplimiento de límites de dosis a efectos reglamentarios. La dosis efectiva no se recomienda para las evaluaciones epidemiológicas, ni debería utilizarse para estudios retrospectivos detallados específicos de la exposición individual y del riesgo [36].</li> <li>○ la dosis efectiva colectiva no se propone como una herramienta para la evaluación del riesgo epidemiológico, y es inadecuado utilizarla en proyecciones del riesgo. Es incorrecta la agregación de diminutas dosis individuales durante lapsos de tiempo prolongados y, en particular, debería evitarse el cálculo del número de muertes de cáncer basado en dosis efectivas colectivas debidas a dosis individuales insignificantes [36].</li> </ul>
Comparar las dosis con límites de “seguridad” y suponer que son posibles los efectos en la salud si se rebasan los límites	Las evaluaciones en que se comparan las dosis con límites de “seguridad” no son fiables, ya que esos límites suelen establecerse como parte de los requisitos para la concesión de la licencia de la central nuclear y el hecho de que se rebasan no significa que la situación sea insegura. Esos límites se establecen para garantizar la explotación segura de la central nuclear circunscribiendo las emisiones a niveles muy inferiores a aquellos que afectan a la salud.
Emplear expresiones como “tasas de dosis altas” o “muy contaminado”, “Bq/m <sup>2</sup> ” y “100 veces superiores a los niveles normales” sin aclarar cómo se relaciona esto con el posible peligro para la salud	Las evaluaciones que utilizan estas expresiones carecen de sentido y podrían implicar un peligro para la salud exagerado o infravalorado.
Establecer comparaciones improcedentes con otras situaciones de exposición, por ejemplo, comparar la dosis calculada con una dosis recibida de una radiografía o un vuelo intercontinental	Las evaluaciones en que se compara la dosis calculada con otras situaciones de exposición pueden dar lugar a previsiones insuficientes del peligro para la salud. Esas dosis no pueden compararse debido a los distintos tipos de radiación y las diversas vías de exposición que son posibles en el contexto de una emisión del núcleo de un reactor o de combustible gastado (por ejemplo, la dosis por inhalación de yodo radiactivo y los posibles efectos en la glándula tiroides).
Utilizar únicamente la tasa de dosis externa (por ejemplo, $\mu\text{Sv/h}$ )	Las evaluaciones en que solo se utiliza la tasa de dosis externa no son fiables porque en ellas solo se considera la exposición externa, que puede subrepresentar considerablemente el peligro para la salud. Esto se debe a que no se han considerado otras vías de exposición importantes como la inhalación durante el paso del penacho o la ingestión accidental de material radiactivo.
Omitir el hecho de que la dosis es una cantidad calculada que debe calcularse en una forma muy específica para situar correctamente en perspectiva el peligro para la salud, como se indica en la sección 7.5. En cualquier cálculo de dosis deben señalarse claramente las medidas y los supuestos empleados en los cálculos	Las evaluaciones en que no se explica en detalle cómo se realizaron los cálculos no son fiables. La dosis es una cantidad calculada que debe determinarse en una forma muy específica para situar correctamente en perspectiva su peligro para la salud.

## 7.5. LA DOSIS EN PERSPECTIVA

### 7.5.1. Relación de las dosis calculadas con el peligro radiológico para la salud

El uso de los gráficos para indicar las cantidades operacionales medidas (gráficos 1 a 4 de la sección 7.3) es preferible al uso de la dosis calculada para situar en perspectiva el peligro para la salud debido a lo siguiente: a) la confusión que podría crear el empleo de las distintas unidades y la variedad de dosis distintas con el mismo nombre (sievert) y, b) la complejidad de los cálculos señalados en la figura 16 que deben realizarse para situar en perspectiva la dosis desde el punto de vista de los peligros para la salud. Estos cálculos ya se han realizado con respecto a la cantidad operacional medida y los resultados presentados en los gráficos 1 a 4 de la sección 7.3. Por tanto, durante una emergencia deben utilizarse los gráficos 1 a 4. No obstante, durante una emergencia relacionada con el núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor suelen notificarse las dosis calculadas. En consecuencia, en esta sección de la publicación se ha proporcionado lo siguiente:

- un instrumento para determinar si las dosis comunicadas se han calculado correctamente a los efectos de situar en perspectiva el peligro para la salud; y
- gráficos que pueden utilizarse para situar en perspectiva la dosis desde el punto de vista del peligro para la salud (solo se utilizarán si las dosis se han calculado correctamente).

Para determinar el posible peligro para la salud de los materiales radiactivos emitidos del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor debe evaluarse la dosis en los siguientes órganos:

- dosis equivalente en la tiroides ( $H_{\text{tiroides}}$ , mSv) por inhalación e ingestión;
- dosis equivalente en el feto ( $H_{\text{feto}}$ , mSv) recibida de todas las vías de exposición; y
- dosis absorbida ponderada por la EBR en la médula roja ( $DA_{\text{médula roja}}$ , mGy) debida a la exposición externa. La  $DA_{\text{médula roja}}$  (mGy) por exposición externa puede estimarse en función de la tasa de dosis ambiental (mSv/h) en relación con una emisión del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor ( $\text{mSv/h} \approx \text{mGy/h}$ ).

### 7.5.2. Por qué la dosis efectiva no puede emplearse para situar en perspectiva el peligro radiológico para la salud

La dosis efectiva no puede utilizarse como base para estimar el posible peligro para la salud por exposición a la radiación [36] en una persona porque con el uso de la dosis efectiva únicamente se puede subestimar en forma considerable el posible riesgo para esa persona.



### 7.5.3. Gráficos para situar en perspectiva los peligros para la salud en función de una dosis calculada

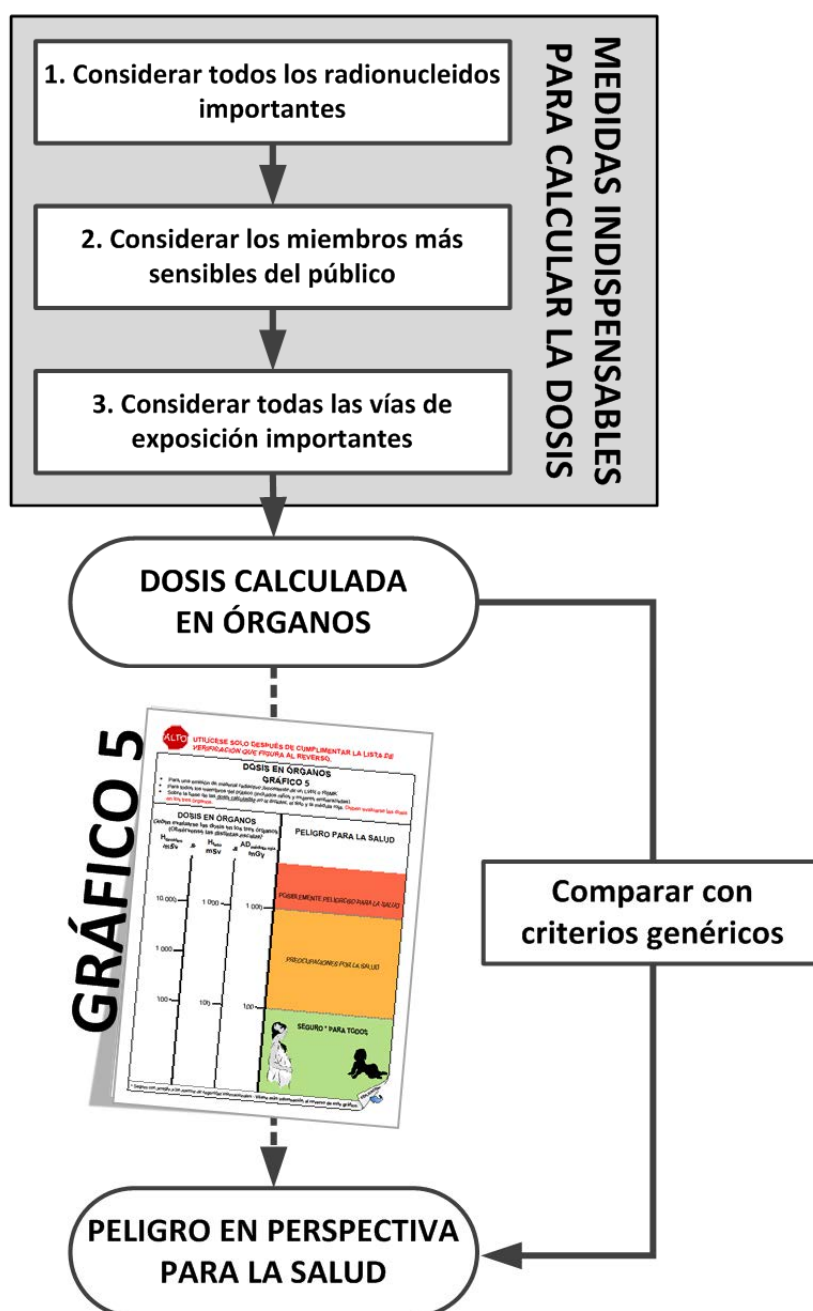


Fig. 16. Medidas necesarias para situar en perspectiva el peligro radiológico para la salud en función de la dosis calculada.

Los gráficos 5 y 6 se elaboraron para situar en perspectiva el vínculo entre la dosis que se ha calculado después de una emisión del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor y el posible peligro para la salud debido a una exposición a la radiación. En el cuadro 16 se indican las dosis y las vías de exposición que deben evaluarse para situar en perspectiva el peligro para la salud después de una emisión procedente del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor.

**CUADRO 16. DOSIS QUE DEBEN CONSIDERARSE AL EVALUAR LOS POSIBLES PELIGROS RADIOLÓGICOS PARA LA SALUD Y SITUARLOS EN PERSPECTIVA DESPUÉS DE LA EMISIÓN DEL NÚCLEO O LA PISCINA DE COMBUSTIBLE GASTADO DE UN REACTOR**

<b>Cantidad de dosis</b>	<b>Vías de exposición<sup>a</sup> que deben considerarse</b>	<b>Examen</b>	<b>Gráfico núm.</b>
<b>H<sub>tiroides</sub></b>  Dosis equivalente en la tiroides (mSv)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inhalación de material del penacho;</li> <li>• Ingestión accidental (por ejemplo, contaminación en las manos); e</li> <li>• Ingestión de alimentos, leche o agua.</li> </ul>	<p>La dosis en la tiroides puede ser la preocupación principal en una emergencia relacionada con el núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor debido a las grandes cantidades de yodo radiactivo que pueden emitirse y concentrarse en la tiroides.</p> <p>La dosis en la tiroides se debe principalmente a la inhalación de yodo radiactivo emitido en el penacho o a la ingestión de alimentos, leche o agua afectados por el paso del penacho. Después del accidente de la central nuclear de Chernóbil se desarrollaron cánceres radioinducidos entre los niños como resultado del consumo de leche contaminada.</p>	<b>5</b>
<b>H<sub>feto</sub></b>  Dosis equivalente en el feto (mSv)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposición externa a material del penacho;</li> <li>• Exposición externa por deposición en el suelo durante el período de exposición;</li> <li>• Inhalación de material del penacho;</li> <li>• Ingestión accidental (por ejemplo, de contaminación en las manos); e</li> <li>• Ingestión de alimentos, leche o agua.</li> </ul>	<p>En el caso de una emergencia en un reactor la dosis por inhalación o ingestión de yodo radiactivo puede ser la vía de exposición más importante.</p>	
<b>DA<sub>médula ósea roja</sub></b>  Dosis absorbida ponderada por la EBR en la médula roja (DA <sub>médula roja</sub> , mGy)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposición externa al material del penacho; y</li> <li>• Exposición externa por deposición en el suelo durante el período de exposición.</li> </ul>	<p>Se utiliza para evaluar los efectos radioinducidos en la salud debidos fundamentalmente a la exposición externa, incluidos los efectos en el feto y los órganos reproductores.</p> <p>La DA<sub>médula roja</sub> (mGy) debida a la exposición externa puede estimarse sobre la base de la tasa de dosis ambiental (mSv/h) en el caso de una emisión procedente del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor (mSv/h <math>\approx</math> mGy/h).</p>	
<b>E</b>  Dosis efectiva (mSv)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposición externa a material del penacho;</li> <li>• Exposición externa por deposición en el suelo durante el período de exposición;</li> <li>• Inhalación de material del penacho;</li> <li>• Ingestión accidental (por ejemplo, de contaminación en las manos); e</li> <li>• Ingestión de alimentos, leche o agua.</li> </ul>	<p>La dosis efectiva no puede emplearse para evaluar los posibles efectos radioinducidos en la salud de la persona; sin embargo, a menudo se comunica en una emergencia.</p> <p>La dosis efectiva puede determinar algunas situaciones que no son seguras (pero no todas), como las derivadas de dosis que según las orientaciones internacionales requieren medidas protectoras [1]; no obstante, hay que tener en cuenta todas las dosis en órganos mencionadas anteriormente para evaluar el peligro para la salud.</p>	<b>6<sup>b</sup></b>

<sup>a</sup> Véase en el apéndice II una explicación de las distintas vías de exposición importantes en una emisión procedente del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor.

<sup>b</sup> La dosis en la tiroides, el feto y la médula roja debe determinarse y evaluarse conforme a las indicaciones del gráfico 5 para evaluar los efectos en la salud.

#### 7.5.4. Uso de gráficos para la dosis

##### **Paso 1 – Confirmar que la dosis fue calculada correctamente a los efectos de situar en perspectiva los peligros para la salud:**

Confirmar que se calcularon todas las dosis siguientes:

- dosis equivalente en la tiroides ( $H_{\text{tiroides}}$ , mSv) por inhalación e ingestión;
- dosis equivalente en el feto ( $H_{\text{feto}}$ , mSv) por todas las vías de exposición; y
- dosis absorbida ponderada por la EBR en la médula roja ( $DA_{\text{médula roja}}$ , mGy) por exposición externa.

Confirmar que no se utilizaron datos incompletos o inciertos para los cálculos.

Confirmar que todo lo que se indica a continuación se tuvo en cuenta y se conoce con certidumbre para calcular las dosis:

- la mezcla radiactiva procedente del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor;
- los miembros del público más sensibles a la radiación (por ejemplo, niños y mujeres embarazadas (feto));
- todas las vías de exposición pertinentes de la dosis especificada (véase el cuadro 16):
  - exposición externa a material del penacho (radiactividad de la nube);
  - exposición externa por deposición en el suelo durante el período total de exposición (irradiación del suelo);
  - inhalación de material del penacho;
  - ingestión accidental (por ejemplo, de contaminación en las manos); e
  - ingestión de alimentos, leche o agua.

##### **Paso 2 – Seleccionar el gráfico apropiado**

Seleccionar el gráfico en función de la dosis calculada utilizando el gráfico 16.

##### **Paso 3 – Explicar los gráficos**

En la primera página de cada gráfico (anverso) se presenta una “descripción” en que se resume el contenido del gráfico. En la página siguiente del gráfico (reverso) se describe la base, se incluye una lista de verificación de lo que debe considerarse para el cálculo de la dosis especificada y se expone en perspectiva el posible peligro para la salud. Al examinarse los gráficos con el público deben recalcar los siguientes aspectos:

- la dosis es una cantidad calculada que debe determinarse en una forma muy concreta para situar en perspectiva correctamente el peligro inherente para la salud. No todos los cálculos de dosis pueden ser útiles para evaluar los posibles efectos radioinducidos en la salud ni pueden utilizarse con estos gráficos;
- si se indica un efecto radioinducido determinado en la salud, ello significa que solo hay una pequeña posibilidad de que alguien sufra el efecto; no significa forzosamente que se producirán los efectos en la salud de manera determinante.
- no es probable que se produzcan efectos radioinducidos en la salud en niveles inferiores a los indicados en los gráficos;
- solo pueden realizarse evaluaciones más exactas de los posibles efectos radioinducidos en la salud después que se conozcan mejor los escenarios de exposición y solo podrán realizar esas evaluaciones expertos en el diagnóstico, tratamiento y gestión de los efectos radioinducidos en la salud;
- si la situación es posiblemente peligrosa para la salud o hay preocupaciones por la salud, deben adoptarse las medidas protectoras y otras medidas de respuesta (por ejemplo, seguimiento médico) que se indican en los gráficos;
- debe explicarse la calidad de los datos que se utilicen y su grado de representatividad. Es preciso recalcar si se prevé modificar los datos en el futuro;





**UTILÍCESE SOLO DESPUÉS DE CUMPLIMENTAR LA LISTA DE VERIFICACIÓN QUE FIGURA AL REVERSO.**

## DOSIS EN ÓRGANOS

### GRÁFICO 5

- Para una emisión de material radiactivo procedente de un LWR o RBMK
- Para todos los miembros del público (incluidos niños y mujeres embarazadas)
- Sobre la base de las dosis calculadas en la tiroides, el feto y la médula roja. **Deben evaluarse las dosis en los tres órganos.**

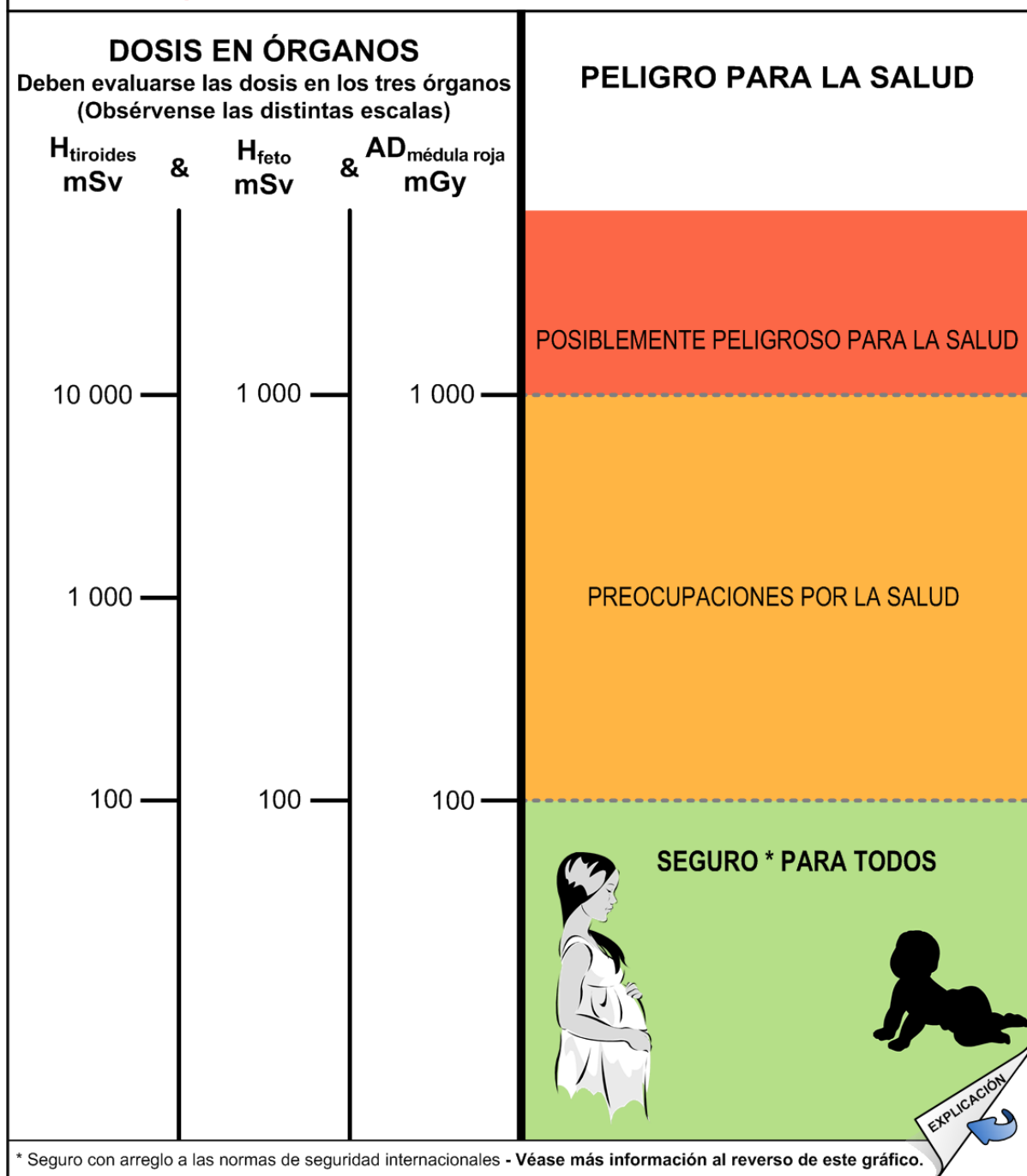


Gráfico 5. Peligro en perspectiva para la salud de la dosis en órganos calculada después de una emisión procedente de un reactor o una piscina de combustible gastado de un LWR o RBMK.

## GRÁFICO 5 EXPLICACIÓN

**PROPÓSITO:** En este gráfico se sitúa en perspectiva el vínculo entre la dosis que ha sido calculada después de una emisión del reactor o la piscina de combustible gastado de un LWR o un RBMK y el posible peligro para la salud.

**DOSIS CALCULADA:** Dosis en órganos con respecto a la tiroides, el feto y la médula roja

### LISTA DE VERIFICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE LA DOSIS:

No utilizar datos incompletos o inciertos para los cálculos de dosis.

En el cálculo de la dosis se tienen en cuenta:

- $H_{\text{tiroides}}$ ,  $H_{\text{feto}}$  y  $DA_{\text{médula roja}}$ ;
- la mezcla de radionucleidos procedente del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor;
- los miembros del público más sensibles a la radiación (por ejemplo, niños y mujeres embarazadas (feto)); y
- todas las vías de exposición relacionadas con una emisión procedente de un LWR o RBMK, entre ellas las siguientes:

Para la dosis equivalente en la tiroides ( $H_{\text{tiroides}}$ ):

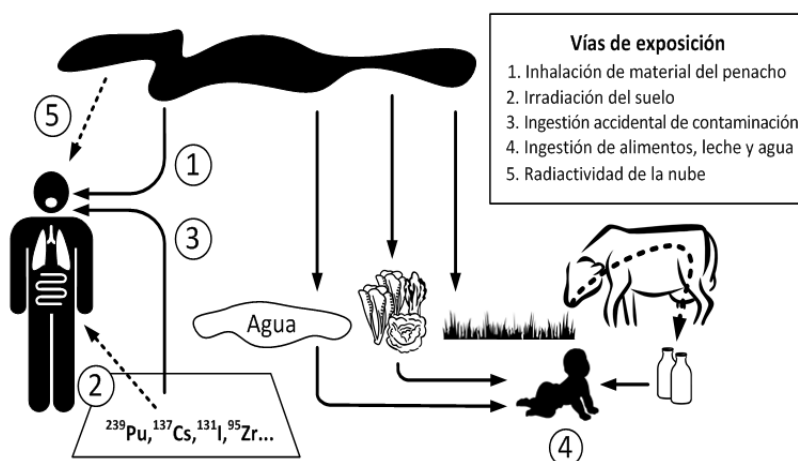
- ☐ inhalación de material del penacho;
- ☐ ingestión accidental (por ejemplo, de contaminación en las manos); e
- ☐ ingestión de alimentos, leche o agua.

Para la dosis equivalente en el feto ( $H_{\text{feto}}$ ):

- ☐ exposición externa al material del penacho (radiactividad de la nube);
- ☐ exposición externa por deposición en el suelo (irradiación del suelo).
- ☐ inhalación de material durante el paso del penacho;
- ☐ ingestión accidental (por ejemplo, de contaminación en las manos); e
- ☐ ingestión de alimentos, leche o agua.

Para la dosis absorbida ponderada por la EBR en la médula roja ( $DA_{\text{médula roja}}$ ):

- ☐ exposición externa a material del penacho (radiactividad de la nube); y
- ☐ exposición externa por deposición en el suelo (irradiación del suelo).



### PELIGRO EN PERSPECTIVA PARA LA SALUD:

**Posiblemente peligroso para la salud (rojo):** Existe la posibilidad de que se produzcan efectos radioinducidos en la salud causantes de muerte o lesiones permanentes que reduzcan la calidad de vida (efectos deterministas graves) como, por ejemplo: a) supresión permanente de la ovulación y el recuento de espermatozoides, b) hipotiroidismo (condición en que la glándula tiroides no produce suficientes hormonas tiroideas) y c) efectos graves para el feto. En este nivel también existe la pequeña posibilidad de que se produzca un incremento observable de la incidencia de cáncer radioinducido si hay más de varios cientos de personas expuestas.

**Preocupaciones por la salud (naranja):** El peligro para la salud es muy reducido. Sin embargo, existe la posibilidad de que se produzcan dosis que rebasen los criterios internacionales [1] y que exijan que se tomen medidas protectoras y otras medidas de respuesta, que incluyan un cribado, con el fin de evaluar más a fondo: a) el posible riesgo reducido para las mujeres embarazadas (feto) y b) el posible incremento reducido del riesgo de cánceres radioinducidos.

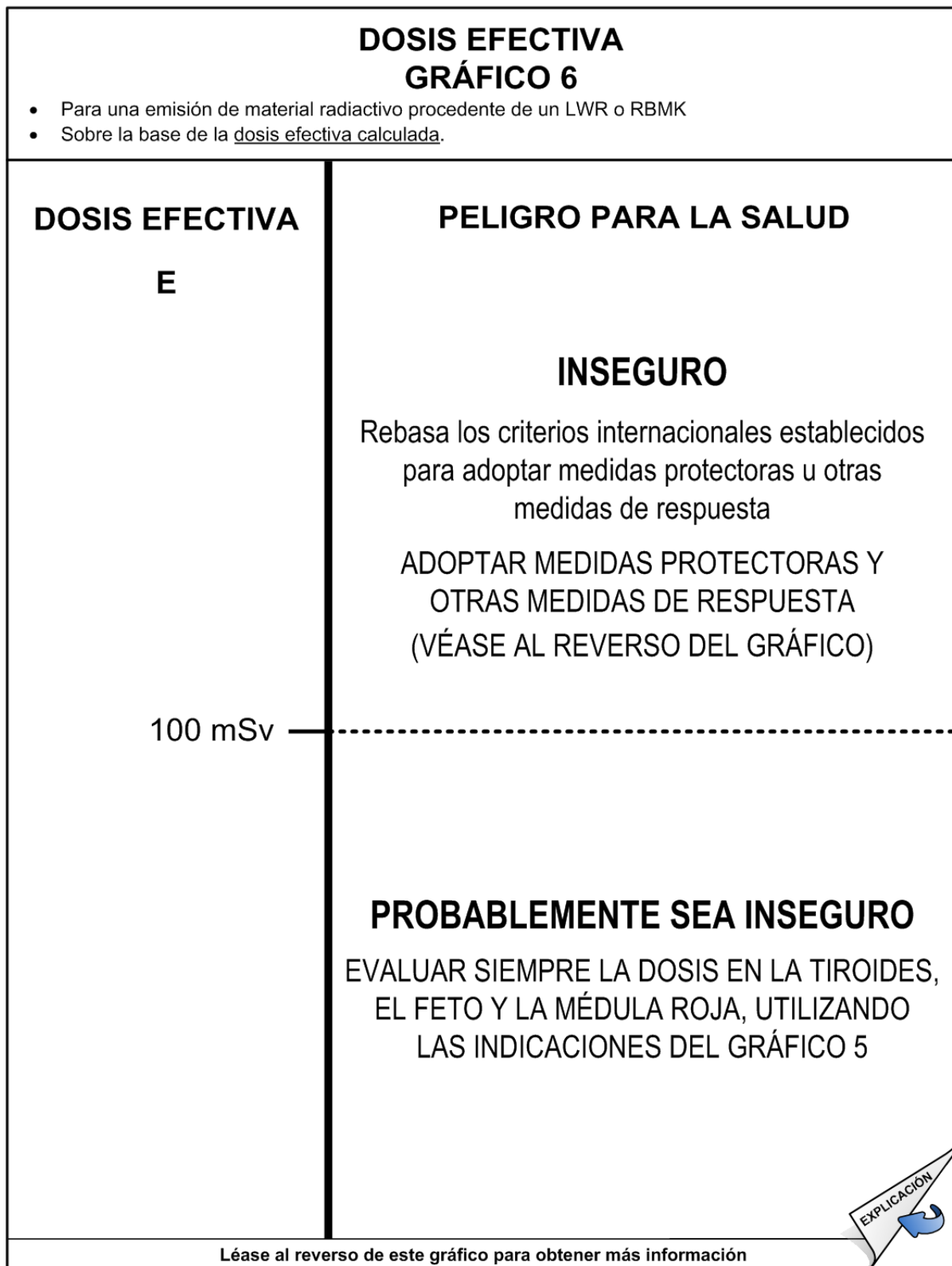
**Seguro (verde):** Esta medida cumple las normas internacionales [1] ya que las dosis no rebasan los criterios genéricos en que se justifican medidas protectoras y otras medidas de respuesta. Por debajo de estas dosis no se producirán efectos deterministas graves ni un incremento observable de la incidencia de cáncer, incluso en un grupo expuesto muy numeroso. Además, el riesgo de cánceres y otros efectos en la salud es demasiado bajo para que se justifique adoptar medidas, como por ejemplo, un cribado [1]

### MEDIDAS PROTECTORAS Y OTRAS MEDIDAS DE RESPUESTA:

Si se ha calculado una dosis en la persona que indica un nivel “posiblemente peligroso para la salud” (rojo) o que suscita “preocupaciones por la salud” (naranja), esa persona debe ser inscrita en un registro y sus dosis deben ser estimadas a los efectos de determinar si se justifica un examen o un asesoramiento y seguimiento médicos. Solo expertos en el diagnóstico y el tratamiento de los efectos de la exposición a la radiación en la salud pueden evaluar esos efectos. Otros, como los médicos locales, probablemente no posean los conocimientos especializados necesarios para realizar ese tipo de evaluaciones.



**ESTE GRÁFICO NO DEBE UTILIZARSE COMO BASE PARA EVALUAR  
LOS PELIGROS PARA LA SALUD (LÉASE AL REVERSO)**



*Gráfico 6. Evaluación de la dosis efectiva calculada después de una emisión procedente de un reactor o una piscina de combustible gastado de un LWR O RBMK.*

## GRÁFICO 6 EXPLICACIÓN

**PROPÓSITO:** Este gráfico no puede utilizarse por sí solo para situar en perspectiva el vínculo entre la dosis calculada después de una emisión del reactor o la piscina de combustible gastado de un LWR o un RBMK y el posible peligro para la salud. Debe utilizarse también el gráfico 5 para situar en perspectiva la dosis calculada.

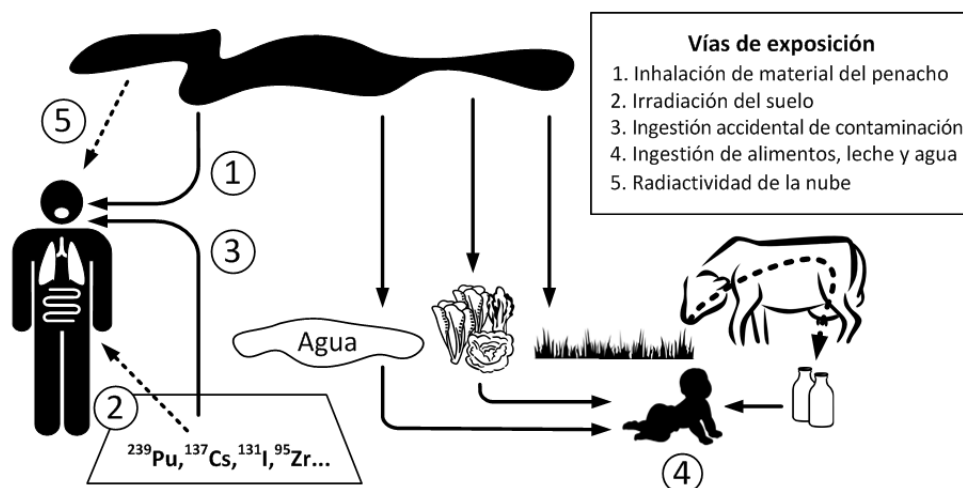
**DOSIS CALCULADA:** Dosis efectiva.

### LISTA DE VERIFICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE LA DOSIS:

No utilizar datos incompletos o inciertos para los cálculos de dosis.

En el cálculo de la dosis se tienen en cuenta:

- la mezcla de radionucleidos procedente del núcleo o la piscina de combustible gastado del reactor;
- los miembros del público más sensibles a la radiación (por ejemplo, niños y mujeres embarazadas (feto)); y
- todas las vías de exposición, entre ellas las siguientes:
  - ☐ exposición externa a material del penacho (radiactividad de la nube);
  - ☐ exposición externa por deposición en el suelo (irradiación del suelo);
  - ☐ inhalación de material del penacho;
  - ☐ ingestión accidental (por ejemplo, de contaminación en las manos); e
  - ☐ ingestión de alimentos, leche o agua.



### EVALUACIÓN

**Insegura:** Una dosis efectiva superior a 100 mSv es insegura porque rebasa la establecida en las normas de seguridad internacionales que justifican un seguimiento médico.

- Adoptar medidas protectoras y otras medidas de respuesta con arreglo a los NIO que figuran en la publicación del OIEA titulada *Medidas para proteger al público en una emergencia debida a condiciones graves en un reactor de agua ligera*, EPR-NPP PUBLIC PROTECTIVE ACTIONS, 2013.

**Probablemente sea insegura una dosis inferior a 100mSv:**

- Evaluar siempre la dosis en la tiroides, el feto y la médula roja debida a una emisión del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor. El gráfico 5 puede utilizarse para situar en perspectiva la dosis en la tiroides, el feto y la médula roja, siempre que se hayan calculado las dosis correctamente.



## 8. APLICACIÓN

Los criterios e instrumentos que se explican en esta publicación deben integrarse en los planes de emergencia, procedimientos y otras disposiciones que se utilicen específicamente para el emplazamiento en una emergencia y deben adaptarse para su uso nacional y local.

### 8.1. APLICACIÓN PROVISIONAL

La plena aplicación de las disposiciones de preparación y respuesta en situaciones de emergencia relacionadas con el núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor puede ser un proceso prolongado, aunque puede presentarse una emergencia en cualquier momento que justifique adoptar medidas protectoras fuera del emplazamiento, incluso antes de que se hayan aplicado totalmente las disposiciones. Por tanto, es preciso establecer una capacidad provisional de respuesta a emergencias [6]. Esta capacidad provisional no será óptima. Probablemente sea necesario improvisar, si ocurre una emergencia, con cualesquiera medios y recursos de que se disponga.

Las medidas iniciales deben centrarse en el uso eficaz y eficiente de la capacidad existente. El factor más importante es garantizar que las decisiones puedan adoptarse rápidamente y que la capacidad existente (por ejemplo, sistemas de comunicación, personal de monitorización y oficinas de información pública) se defina y pueda integrarse con rapidez en la respuesta. Los esfuerzos que se inviertan en la creación de una entidad y capacidad de carácter provisional generarán economías importantes durante la aplicación del plan completo de respuesta a la emergencia y proporcionarán una capacidad para responder a esa emergencia antes de que se apliquen todas las disposiciones correspondientes.

Las disposiciones provisionales que se establezcan deben ponerse a prueba en ejercicios lo antes posible. Esta es la única forma de determinar si son viables en condiciones de emergencia. Es necesario realizar evaluaciones de los ejercicios, así como de las respuestas a emergencias reales, para corregir y mejorar las medidas de respuesta. La lista de verificación que figura en el cuadro 17 se ha concebido para evaluar la disposición ante una emergencia relacionada con el núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor si esta ocurre mañana. La finalidad que se persigue es determinar dónde deben realizarse mejoras y ayudar al rápido establecimiento de la capacidad provisional.

En las refs. [1, 9, 19] así como en los demás documentos de la colección IAEA EPR figuran orientaciones sobre todas las disposiciones (por ejemplo, sistemas de notificación y educación del público) que se requieren para que sea eficaz la capacidad de respuesta a emergencias; no obstante, debe prestarse atención a la necesidad de utilizar las orientaciones actualizadas de esta publicación cuando proceda.

Al establecer la capacidad de respuesta a una emergencia grave relacionada con el núcleo o el combustible gastado de un reactor es preciso reconocer los hechos importantes que se enumeran en el cuadro 18.

## CUADRO 17. LISTA DE VERIFICACIÓN DE RECURSOS MÍNIMOS PARA LA RESPUESTA

Capacidad de respuesta:
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> ¿Posee el encargado de adoptar decisiones fuera del emplazamiento la autoridad, la capacitación y los medios para poner en marcha las medidas protectoras y otras medidas de respuesta a más tardar 45 minutos después de haberse recibido la notificación de la emergencia?</li> <li><input type="checkbox"/> ¿Se han determinado los NAE y se han incorporado estos en los procedimientos de cada central nuclear?</li> <li><input type="checkbox"/> ¿Posee el supervisor de turno de la central nuclear la autoridad y responsabilidad para declarar una emergencia (en el lapso de 15 minutos) y notificar a los encargados de adoptar decisiones fuera del emplazamiento (en el lapso de 30 minutos) la detección de que se ha rebasado un NAE?</li> <li><input type="checkbox"/> ¿Se ha establecido un punto de contacto para enviar la notificación correspondiente al encargado de adoptar decisiones fuera del emplazamiento en el lapso de 30 minutos?</li> <li><input type="checkbox"/> ¿Se han establecido zonas y distancias de emergencia fuera del emplazamiento?</li> <li><input type="checkbox"/> ¿Se ha informado al público por anticipado de las medidas que deben tomarse ante una emergencia?</li> <li><input type="checkbox"/> ¿Se notificará al público que reside en las zonas y distancias especificadas para que tome las medidas protectoras urgentes y otras medidas de respuesta en la primera hora después que se hayan detectado las condiciones que indiquen daños reales o proyectados del combustible (se ha rebasado el NAE establecido para la declaración de la emergencia general)?</li> <li><input type="checkbox"/> ¿Se han distribuido con antelación agentes bloqueadores de la tiroides a las personas que residen en la ZMP y la ZPU?</li> <li><input type="checkbox"/> ¿Se han adoptado disposiciones para la evacuación rápida y prioritaria de la ZMP a lugares más allá de la ZPU?</li> <li><input type="checkbox"/> ¿Se han adoptado disposiciones predeterminadas para que las instalaciones especiales situadas dentro de la ZMP y la ZPU (por ejemplo, para que los pacientes de hospitales y centros de asistencia sigan recibiendo la atención y el tratamiento médico necesarios) sean evacuadas a un lugar fuera de la DPA (para evitar la necesidad de varias evacuaciones)?</li> <li><input type="checkbox"/> ¿Se han adoptado disposiciones para la monitorización de la tasa de dosis y para la protección del personal de instalaciones especiales (por ejemplo, hospitales y cárceles) que no pueda ser evacuado inmediatamente?</li> <li><input type="checkbox"/> ¿Se han adoptado disposiciones para proporcionar un medio de evacuación a lugares más allá de la ZPU a quienes se encuentren dentro de la ZMP y la ZPU?</li> <li><input type="checkbox"/> ¿Se han adoptado disposiciones con objeto de dar instrucciones a quienes se encuentren dentro de la ZMP, la ZPU y la DPA para reducir la ingestión accidental?</li> <li><input type="checkbox"/> ¿Se han adoptado disposiciones para la designación y orientación de personas que actúen como trabajadores de emergencias para que puedan: a) ayudar en la respuesta en el emplazamiento, b) gestionar el tratamiento médico de personas posiblemente contaminadas, o c) regresar al interior de las zonas o distancias de emergencia (ZMP, ZPU o DPA) después de la declaración de una emergencia general?</li> <li><input type="checkbox"/> ¿Se han adoptado disposiciones para proporcionar (en pocas horas) al público y los medios de comunicación información clara y coherente, que sitúe en perspectiva el posible peligro para la salud, atienda a las preocupaciones y corrija la información incorrecta (por ejemplo, rumores)?</li> <li><input type="checkbox"/> ¿Se han establecido criterios predeterminados para especificar quiénes necesitan ser descontaminados o ser objeto de un cribado inmediato?</li> </ul>

- ☐ Se han adoptado disposiciones para establecer centros fuera de la ZPU e inscribir en registro, monitorizar, descontaminar y someter a examen médico a las personas evacuadas de la ZMP y la ZPU?
  - ☐ ¿Se ha notificado a hospitales predeterminados que se encuentran fuera de la DPA que deben adoptar disposiciones y realizar los preparativos necesarios para el control médico de: a) las personas lesionadas o que muestren síntomas de exposición a la radiación; b) quienes sufran contaminación en la piel o la tiroides; c) quienes hayan consumido posiblemente alimentos contaminados; d) las mujeres embarazadas que se manifiesten preocupadas; y e) otras personas que puedan necesitar tratamiento o seguimiento médicos.
  - ☐ ¿Se han dado instrucciones a los hospitales sobre cómo tratar a pacientes posiblemente contaminados (es decir, tomar precauciones universales contra la infección para brindar suficiente protección)?
  - ☐ ¿Se han establecido NIO por defecto?
  - ☐ ¿Se han adoptado disposiciones para la monitorización, el muestreo y el análisis con el fin de determinar si se rebasan los NIO y para tomar medidas protectoras y otras medidas de respuesta si estos se han rebasado?
-

## CUADRO 18. REALIDADES DE UNA RESPUESTA

---

- La decisión de actuar debe adoptarse con prontitud. No hay tiempo para reuniones para determinar qué hacer ni los encargados de adoptar decisiones fuera del emplazamiento pueden esperar a que se produzca realmente la emisión.
  - La respuesta debe basarse en criterios genéricos y operacionales predeterminados que se hayan acordado por anticipado en la etapa de preparación.
  - Es preciso aplicar los criterios genéricos y operacionales del OIEA en relación con las medidas protectoras y otras medidas de respuesta. El OIEA tomó en consideración todas las emergencias potenciales relacionadas con posibles emisiones debidas a los daños del combustible al elaborar esos criterios, los cuales constituyen una base justificable para adoptar medidas al inicio de la emergencia.
  - En una peor emergencia postulada, la inacción ante una emisión (después de detectarse condiciones en la central nuclear causantes de daños del combustible, es decir, una emergencia general) ocasionaría muertes y efectos deterministas graves entre quienes se encontrasen fuera del emplazamiento que podrían haberse evitado.
  - Los operadores de la sala de control monitorizan los sistemas necesarios para proteger el combustible en el núcleo y la piscina de combustible gastado. Sobre la base de estas observaciones pueden determinar un posible problema y el supervisor de turno puede poner en marcha una respuesta. En la mayoría de los casos, la emergencia general puede declararse horas antes de una emisión y dar tiempo para poner en marcha las medidas protectoras y otras medidas de respuesta antes de la emisión.
  - El momento, la magnitud y la duración de una emisión son imprevisibles y por tanto: a) las medidas protectoras y otras medidas de respuesta deben tomarse en todas las direcciones que puedan verse afectadas, siempre que exista la posibilidad de que se produzca una emisión grave, y b) los modelos de proyección de dosis no pueden utilizarse como base para tomar con eficacia medidas protectoras urgentes y otras medidas de respuesta en la mayoría de las circunstancias.
  - Es muy probable que la emisión dure muchos días y produzca pautas de deposición complejas, con puntos activos en todas las direcciones alrededor de la central nuclear.
  - Los puntos activos que exigen el realojamiento del público pueden ocurrir a distancias de más de 50 km de la central nuclear (dentro de la DPA).
  - Los puntos activos que exigen la restricción del consumo y distribución de productos locales, productos silvestres (por ejemplo, setas y caza), leche, agua de lluvia, piensos y productos básicos pueden presentarse a más de 300 km de la central nuclear.
  - Es probable que los resultados iniciales de la monitorización sean incoherentes y limitados. Es preciso elaborar un plan para paliar las incoherencias y la escasez de datos.
  - Es necesario elaborar criterios operacionales por anticipado a fin de poner en marcha medidas de respuesta basadas en las mediciones y muestras ambientales. Se deben formular procedimientos para corregir los NIO por defecto en función de las circunstancias imperantes. Cuando los criterios se elaboran durante una emergencia el público no confía en ellos.
  - Los médicos locales y la mayoría de los médicos generales no suelen poseer los conocimientos concretos sobre los efectos radioinducidos en la salud y no pueden realizar exámenes médicos adecuados de radiolesiones o recomendar un tratamiento apropiado.
  - Para reducir los efectos sociales, psicológicos y económicos perjudiciales, las preguntas del público y los encargados de adoptar decisiones fuera del emplazamiento deben responderse en una forma sencilla, coherente y comprensible que explique los peligros para la salud.
  - En varias emergencias anteriores el personal médico se ha negado a tratar a pacientes potencialmente contaminados (por ejemplo, los evacuados de la zona afectada) por no conocer cómo protegerse de la contaminación. Por tanto, se deben aplicar disposiciones para proporcionar asesoramiento a los servicios médicos de las inmediaciones que pudieran tratar a pacientes posiblemente contaminados en el sentido de que las precauciones universales contra la infección (guantes, máscara, etc.) brindan suficiente protección para tratar a los pacientes potencialmente contaminados.
  - En emergencias anteriores ha sido necesario emplear a personal no capacitado para labores de emergencia. Por tanto, deberían establecerse disposiciones para inscribir en registro a este personal y proporcionarle capacitación “en tiempo real” para que puedan desempeñar su trabajo con seguridad en condiciones de emergencia.
-

- La prensa y las redes sociales sabrán inmediatamente de la emergencia. Estos son uno de los medios principales de comunicación con el público después del comienzo de la emergencia.
  - Por conducto de los medios de comunicación se darán a conocer las evaluaciones de diversos expertos, el contenido de las cuales quizás sea incompatible con las evaluaciones oficiales o simplemente sea erróneo.
  - Los expertos utilizarán numerosas cantidades y unidades técnicas para explicar al público el peligro para la salud al público. Muchos de estos términos se emplearán de manera incoherente e incorrecta, lo que en varias emergencias anteriores provocó confusión y llevó al público y los funcionarios fuera del emplazamiento a tomar medidas inadecuadas.
  - En muchos casos el público y los funcionarios han tomado medidas inadecuadas (por ejemplo, abortos voluntarios, la evacuación de pacientes en condiciones peligrosas, la estigmatización y el rechazo de la población local, restricciones de mercancías aun cuando no estén contaminadas) debido a su temor exagerado de la radiación y por no haber recibido información clara y concisa sobre el peligro para la salud y las medidas que deben adoptar.
  - Es importante proporcionar una única fuente de información oficial al público y los medios de comunicación. En emergencias anteriores el uso de fuentes de información oficial diferentes dio la impresión de que las evaluaciones no eran coherentes. La fuente oficial debe responder a las preocupaciones del público y explicarle los riesgos que afronta.
-

## 8.2. CAMBIOS DE LAS ORIENTACIONES EN COMPARACIÓN CON PUBLICACIONES ANTERIORES

La presente publicación se basa en: a) las últimas orientaciones del OIEA [1], que se elaboraron atendiendo a las últimas orientaciones de la ICRP [36], habida cuenta de las conclusiones del UNSCEAR [27], y fue copatrocinada por la Oficina Internacional del Trabajo (OIT), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la SALUD (OPS), y b) las enseñanzas extraídas del accidente de la central nuclear de Fukushima Daiichi del Japón [3, 4, 7, 10].

Las medidas de respuesta a emergencias establecidas conforme a las orientaciones anteriores del OIEA [1, 6, 9, 11] se consideran adecuadas, en la mayoría de los casos. No obstante, es importante realizar un examen de esas disposiciones teniendo en cuenta las orientaciones enunciadas en la presente publicación. Las modificaciones más importantes en relación con las anteriores orientaciones del OIEA son las siguientes:

- las medidas protectoras y otras medidas de respuesta que no deben tomarse dentro de la ZPU se han modificado para tener en cuenta el análisis que indica que tales medidas deben adoptarse antes de efectuarse la monitorización, e igualmente para tener en cuenta el hecho de que la experiencia demuestra que la monitorización dentro de la ZPU podría llevar mucho más tiempo que el previsto.
- se han efectuado modificaciones en las medidas protectoras y otras medidas de respuesta que deben tomarse dentro de la ZMP y la ZPU.
- las distancias mínimas que deben establecerse en relación con la ZMP y la ZPU se han especificado sobre la base de un análisis más exhaustivo de las emergencias relacionadas con el núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor (véase el apéndice I).
- se han establecido distancias de planificación (DPA y DPIP) para recalcar la necesidad de estar preparados para tomar medidas protectoras y otras medidas de respuesta y realizar la monitorización a estas distancias. En las orientaciones anteriores se indicaron las medidas que deben tomarse a estas distancias, pero para aclarar más esto se han añadido la distancia de planificación ampliada específica y la distancia de planificación aplicable a la ingestión y los productos básicos.
- el sistema de los NIO se ha actualizado. Es necesario prestar atención a la nueva numeración de los NIO. Los valores NIO (por ejemplo, la tasa de dosis por deposición en el suelo) en que deben adoptarse diversas medidas protectoras y otras medidas de respuesta están en consonancia con orientaciones anteriores [11, 37].
- se han establecido nuevas medidas de respuesta cuando se rebasan los NIO relacionados fundamentalmente con la necesidad de un seguimiento médico.
- se han establecido nuevos NIO para la monitorización de la tiroides y la piel.
- se proporcionan instrumentos para situar en perspectiva los peligros para la salud del público.

## **APÉNDICE I**

### **BASE PARA DETERMINAR EL TAMAÑO SUGERIDO DE LAS ZONAS Y DISTANCIAS DE EMERGENCIA Y LAS MEDIDAS PROTECTORAS APLICABLES EN ELLAS**

El presente apéndice provee una base sobre la cual se determinó: a) el tamaño de las zonas y distancias de emergencia sugeridas en el cuadro 3 y b) las medidas protectoras urgentes y otras medidas de respuesta que han de tomarse dentro de las zonas y distancias tras la declaración de una emergencia general, como se indica en el cuadro 4.

Las medidas protectoras y otras medidas de respuesta tienen los siguientes objetivos:

- prevenir la aparición de efectos deterministas graves; y
- mantener las dosis por debajo de los criterios genéricos en que se justifican las medidas protectoras y otras medidas de respuesta para reducir el riesgo de efectos estocásticos.

Para cumplir esos objetivos, las zonas y distancias deben determinarse por anticipado cuando se adopten las disposiciones para la aplicación eficaz de las medidas protectoras y otras medidas de respuesta. Estas zonas y distancias deben establecerse de manera que garanticen la respuesta más eficaz habida cuenta de las condiciones locales.

Debido a la gran diversidad de características concretas del emplazamiento de las centrales nucleares existentes es imposible presentar un conjunto único de distancias específicas que sea más eficaz para todas ellas. Por tanto, los tamaños de las zonas y distancias que figuran en el cuadro 3 deben considerarse como una primera aproximación que debe ajustarse a los diseños específicos de las centrales, los escenarios de emergencia y las condiciones locales.

Para establecer los tamaños consignados en el cuadro 3 se tomó en consideración lo siguiente: a) la gama de emisiones razonables de materiales radiactivos, b) la eficacia de diversas estrategias de medidas protectoras y c) el comportamiento de los materiales radiactivos liberados a la atmósfera.

#### **I.1. ZONA DE MEDIDAS PRECAUTORIAS (ZMP) Y ZONA DE PLANIFICACIÓN DE MEDIDAS PROTECTORAS URGENTES (ZPU)**

Esta sección del apéndice presenta la base dosimétrica y los factores necesarios para determinar el tamaño de las zonas de emergencia: la ZMP y la ZPU.

El cuadro 19 contiene los criterios dosimétricos empleados en los cálculos que conforman la base para la primera aproximación de los tamaños de la ZMP y la ZPU indicados en el cuadro 3. Estos criterios son aplicables a los miembros más sensibles del público. Los cálculos suponen las vías de exposición que son las fuentes primarias de exposición antes de poder recurrir a la monitorización como base efectiva para adoptar medidas protectoras. Ello se hizo con el fin de definir las medidas que deben tomarse para proteger a todos los miembros del público y que deben ponerse en marcha en función de las condiciones de la central.

CUADRO 19. CRITERIOS DOSIMÉTRICOS APLICADOS PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DE LAS ZONAS DE EMERGENCIA

Zona	Medidas adoptadas en función de las condiciones de la central para prevenir	Cantidad dosimétrica	Criterio dosimétrico	Vía de exposición más importante y considerada en los cálculos <sup>g</sup>		
				Inhalación	Radiactividad de la nube	Irradiación del suelo
ZMP	Efectos deterministas graves	$DA_{\text{médula roja}}^a$	1 Gy <sup>e</sup>	X	X	1 día
		$DA_{\text{feto, inh}}^b$	1 Gy <sup>e</sup>	X		
ZPU	Efectos estocásticos	$E_{\text{inh}}^c$	100 mSv <sup>f</sup>	X		
		$H_{\text{feto, inh}}^d$	100 mSv <sup>f</sup>	X		

<sup>a</sup>  $DA_{\text{médula roja}}$  representa la dosis absorbida media ponderada por la EBR recibida por los tejidos u órganos internos (por ejemplo, la médula roja, el pulmón, el intestino delgado, las gónadas, la tiroides) y por el cristalino debido a la exposición en un campo uniforme de radiación de fuerte penetración [24].

<sup>b</sup>  $DA_{\text{feto}}$  es la dosis absorbida ponderada en el feto por inhalación, que está dominada por la dosis en la tiroides fetal.

<sup>c</sup> Dosis efectiva comprometida por inhalación.

<sup>d</sup> Dosis equivalente en el feto tras la inhalación por la mujer embarazada. Esta dosis está dominada por la dosis en la tiroides fetal. La dosis equivalente en un adulto por inhalación es aproximadamente igual a la dosis equivalente en la tiroides fetal [38].

<sup>e</sup> Umbral supuesto para efectos deterministas graves; véase la base en el cuadro 25.

<sup>f</sup> Criterios genéricos [1] en que, si se proyectan, deben tomarse medidas protectoras y otras medidas de respuesta para reducir el riesgo de efectos estocásticos.

<sup>g</sup> Fuentes primarias de exposición que pueden causar efectos deterministas graves y efectos estocásticos (se rebasan los CG de la ref. [1]) en los miembros más sensibles del público antes de que pueda recurrirse a la monitorización fuera del emplazamiento como base efectiva para las medidas protectoras.

### I.1.1. Base dosimétrica para determinar el tamaño de la ZMP

La ZMP se define en los requisitos internacionales [9] como la zona en que deben adoptarse disposiciones con el fin de que se tomen medidas protectoras urgentes antes de que ocurra una emisión grave de material radiactivo, o poco después de que comience esa emisión, sobre la base de las condiciones de la central nuclear (utilizando el sistema de clasificación de emergencias examinado en la sección 3) a fin de reducir considerablemente el riesgo de efectos deterministas graves.

### I.1.2. Base dosimétrica para determinar el tamaño de la ZPU

La zona de planificación de medidas protectoras urgentes (ZPU) se define en los requisitos internacionales [9] como la zona en que deben adoptarse disposiciones para que se tomen medidas protectoras urgentes con prontitud para reducir considerablemente el riesgo de efectos estocásticos fuera del emplazamiento de conformidad con los criterios internacionales [1] (reproducidos en el cuadro 19).



### I.1.3. Cálculos del tamaño de la zona

Los cálculos se realizaron teniendo en cuenta a) las características de la emisión, b) las condiciones meteorológicas y c) el comportamiento del público (las estrategias de medidas protectoras referentes a las dosis y vías de exposición se describen más adelante). Estos cálculos son muy inciertos y se basan en supuestos muy simples. Su finalidad es servir de primera aproximación y pueden modificarse para que sean compatibles con el análisis y las condiciones locales de determinadas centrales nucleares.

#### I.1.3.1. Características de las emisiones

Los supuestos formulados respecto de las características de las emisiones se resumen en el cuadro 20. Solo daños graves en el combustible del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor pueden originar dosis fuera del emplazamiento que rebasen los criterios señalados en el cuadro 19. Los estudios [39, 40] indican la probabilidad de que la mayoría de las emisiones a la atmósfera después de producirse daños graves del combustible contengan aproximadamente 0,5 % a 2 % de los productos de fisión volátiles (por ejemplo, I y Cs) en el combustible y que como máximo se emita alrededor del 10 %. Por consiguiente, en los cálculos se supuso una emisión de cerca del 10 % de los productos de fisión volátiles a la atmósfera. Esos estudios también indicaron que probablemente ocurriera una emisión grave durante muchas horas, por lo que se supuso una emisión de 10 horas. Se considera muy improbable que las centrales nucleares con niveles de potencia inferiores a unos 100 MW(t) puedan originar una emisión de productos de fisión causante de exposiciones fuera del emplazamiento con dosis que produzcan efectos deterministas graves. En consecuencia, en esta publicación no se indican zonas de emergencia recomendadas para las centrales nucleares con un nivel de potencia inferior a 100 MW(t).

CUADRO 20. CARACTERÍSTICAS DE LAS EMISIONES

Característica	Supuesto/observación
Nivel de potencia de la central	3000 MW(t)
Cantidad de la emisión	10 % de los productos de fisión volátiles del núcleo de un reactor
Altura de la emisión	Nivel del suelo
Tasa de emisión y duración	10 horas como se indica en la figura 17

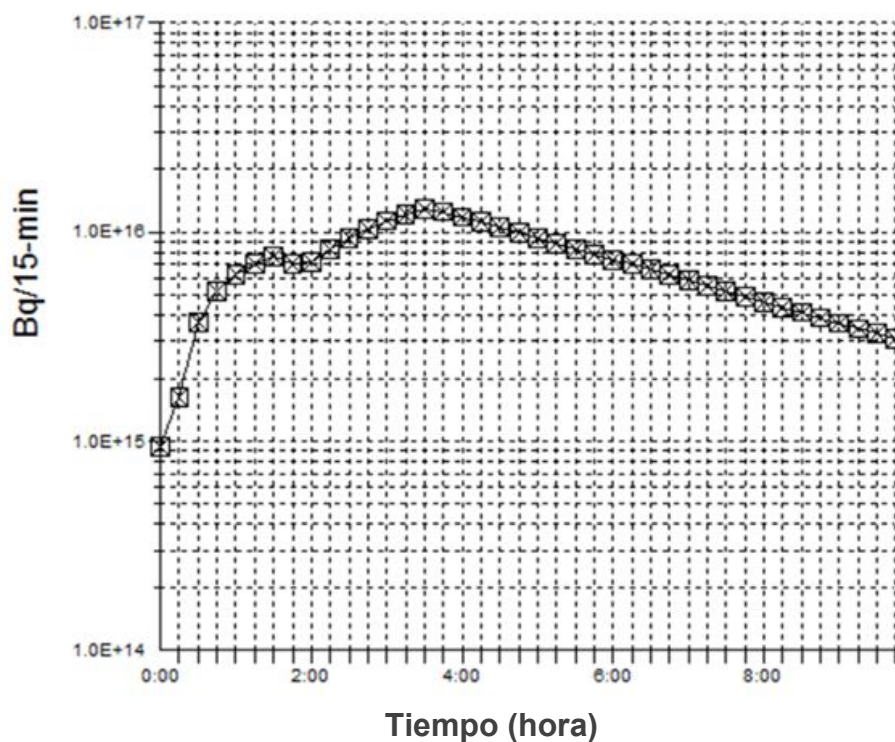


Fig. 17. Tasa de emisión supuesta en función del tiempo para el I 131.

#### I.1.3.2. Condiciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas supuestas durante la emisión se resumen en el cuadro 21.

CUADRO 21. CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Condiciones	Supuestos	Observaciones
Clase de estabilidad	D	Clase de estabilidad meteorológica más común [41]. Otras clases de estabilidad podrían originar dosis dos o tres veces más altas o más bajas.
Dirección del viento	Cambio de 90° en la dirección durante el período de emisión de 10 horas	Esto es compatible con los datos meteorológicos medios de los Estados Unidos.

#### I.1.3.3. Comportamiento del público

En los cálculos se emplearon los factores de reducción de dosis consignados en el cuadro 22 para examinar el efecto del comportamiento del público (es decir, medidas protectoras) en la distancia en que pueden rebasarse los criterios que figuran en el cuadro 19. Los factores de reducción de dosis del cuadro 22 pretenden ser representativos de lo siguiente:

- refugio en casas: en este caso se supone que el público se refugia en casas de madera durante y tras la emisión;
- refugio en edificios grandes: en este caso se supone que el público se refugia dentro de un edificio grande de varias plantas durante y tras la emisión; y
- administración del agente bloqueador de la tiroides una o dos horas después de la inhalación del yodo radiactivo procedente de una emisión.

CUADRO 22. FACTORES DE REDUCCIÓN DE DOSIS EN RELACIÓN CON EL COMPORTAMIENTO DEL PÚBLICO

Comportamiento del público	Factor de reducción	Aplicable a:
Refugio en casas	0,4 [42]	Irradiación del suelo
	0,6 [16]	Radiactividad de la nube
	0,5 [16]	Inhalación <sup>a</sup>
Refugio en edificios grandes	0,02 [16]	Irradiación del suelo
	0,3 [16]	Radiactividad de la nube
	0,2 [16]	Inhalación <sup>a</sup>
Administración del agente bloqueador de la tiroides	0,1 [16]	Dosis de la tiroides y dosis fetal <sup>52</sup> por inhalación de yodo radiactivo

<sup>a</sup>. Se supone un intercambio de aire durante 2 horas en el penacho.

## I.2. RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS

Los cálculos que se recogen en esta sección representan las características de las emisiones que figuran en el cuadro 20, las condiciones meteorológicas enumeradas en el cuadro 21 y el comportamiento del público señalado en el cuadro 22. A continuación se examinan las observaciones extraídas de un examen de estos cálculos y los resultados de estudios anteriores.

### I.2.1. ZMP

El punto de partida que se sugiere para determinar los confines de la ZMP que se indican en el cuadro es de aproximadamente 3 a 5 km, lo que avalan los cálculos hechos como primera aproximación que se presentan más adelante.

Los cálculos presentados en las figuras 18 a 21 muestran que el riesgo de efectos deterministas graves está dominado por la dosis en las personas que se encuentran en un radio de 3 a 5 km. El efecto del tamaño de la central en el tamaño de la ZMP no es significativo, como se analizará en la sección I.2.3.

Las figuras 18 y 19 muestran que el criterio de 1 Gy en la médula roja ( $DA_{\text{médula roja}}$ , cuadro 19) probablemente se rebase hasta una distancia de aproximadamente:

- 1 km si una persona se refugia en una casa cuando no llueve durante una emisión. Sin embargo, no se rebase más allá del confin del emplazamiento si una persona se refugia en un edificio grande durante un día; y
- 3 km si una persona se refugia en una casa cuando llueve durante una emisión y puede rebasarse en el confin del emplazamiento si una persona se refugia en un edificio grande durante un día.

Se puede rebasar el criterio de 1 Gy en la médula roja ( $DA_{\text{médula roja}}$ , cuadro 19) más allá de 5 km del emplazamiento si el alojamiento en refugio tiene lugar durante un período más prolongado, ya que la irradiación del suelo es una fuente importante de dosis en la médula roja, sobre todo si llueve durante la emisión.

La figura 20 indica que si se toma un agente bloqueador de la tiroides antes de la inhalación probablemente el criterio de 1 Gy ( $DA_{\text{feto}}$ ) en el feto (cuadro 19) se rebase hasta una distancia de 2 km aproximadamente en el caso de una mujer embarazada que se refugie en un edificio grande y hasta una distancia de casi 3 km si se refugia en una casa.

<sup>52</sup> La dosis equivalente en el feto ( $H_{\text{feto,inh}}$ ) por inhalación se debe fundamentalmente a la incorporación de yodo radiactivo por la mujer embarazada.

La figura 21 demuestra que si *no se toma* un agente bloqueador de la tiroides antes o poco después de la inhalación probablemente se rebase el criterio de 1 Gy ( $DA_{\text{feto}}$ ) en el feto (cuadro 19) a una distancia de cerca de 30 km en el caso de una mujer embarazada que se refugie en una casa.

Según lo anterior, para prevenir efectos deterministas graves en una emisión grave (una emisión de productos volátiles de cerca del 10 %): a) la zona comprendida entre unos 3 a 5 km de la central nuclear debería ser evacuada antes de la emisión y b) debería tomarse un agente bloqueador con yodo de la tiroides antes de la emisión hasta una distancia de unos 15 a 30 km. La evacuación a velocidades mayores de unos 5 km/h (velocidad de marcha) incluso en el penacho (durante una emisión), es más eficaz que el alojamiento en refugios en un radio de unos 3 a 5 km de la central nuclear [15, 16, 39]. Dado que una emisión puede durar varios días, la evacuación no debe demorarse por el hecho de que haya comenzado la emisión, siempre que pueda realizarse con seguridad.

La dosis en la médula roja y el feto se reduce considerablemente si se toma un agente bloqueador de la tiroides y al mismo tiempo se procura alojamiento en un refugio, especialmente en un edificio grande. Por tanto, si no es posible una evacuación en condiciones de seguridad, quienes se encuentren cerca de la central deben tomar un agente bloqueador de la tiroides y buscar refugio hasta que sea posible realizar la evacuación con seguridad.

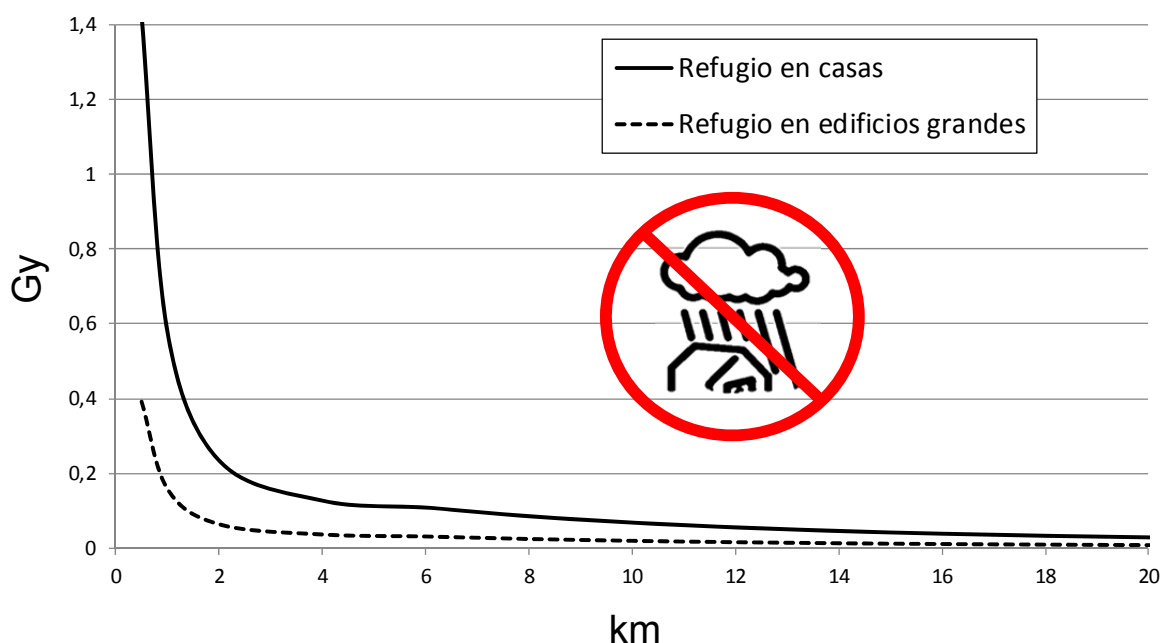


Fig. 18. Dosis absorbida ponderada por la EBR en la médula roja ( $DA_{\text{médula roja}}$ ) por radiactividad de la nube, inhalación e irradiación del suelo sin lluvia en un día.

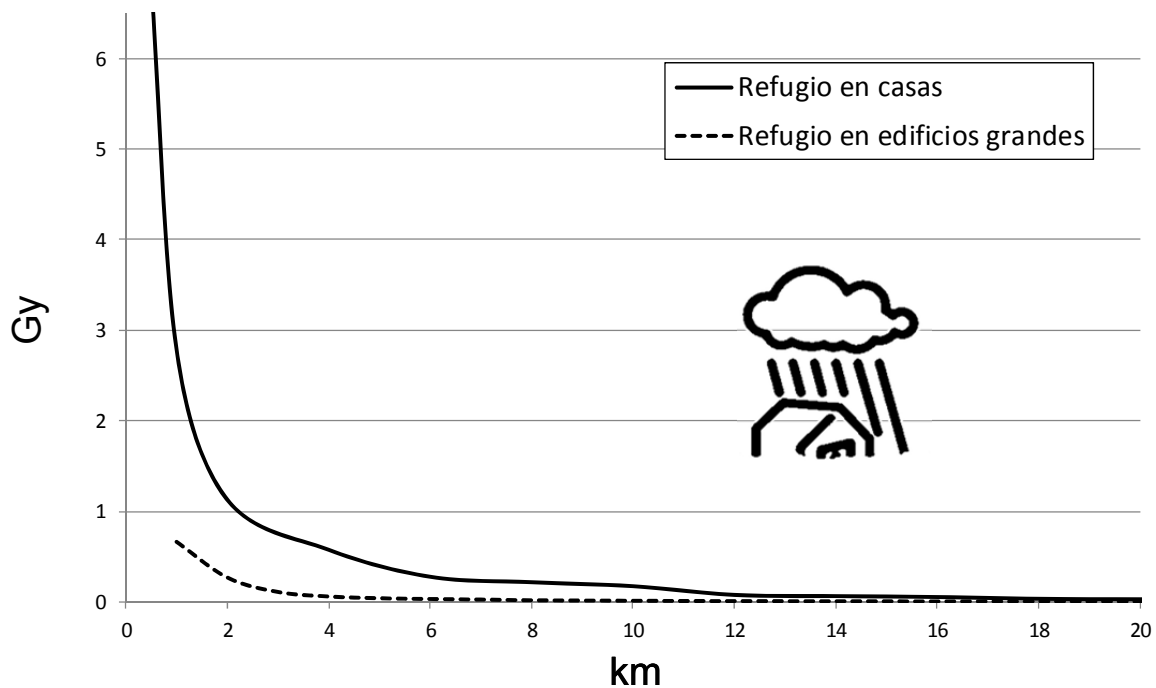


Fig. 19. Dosis absorbida ponderada por la EBR en la médula roja ( $DA_{\text{médula roja}}$ ) por radiactividad de la nube, inhalación e irradiación del suelo con lluvia en un día.

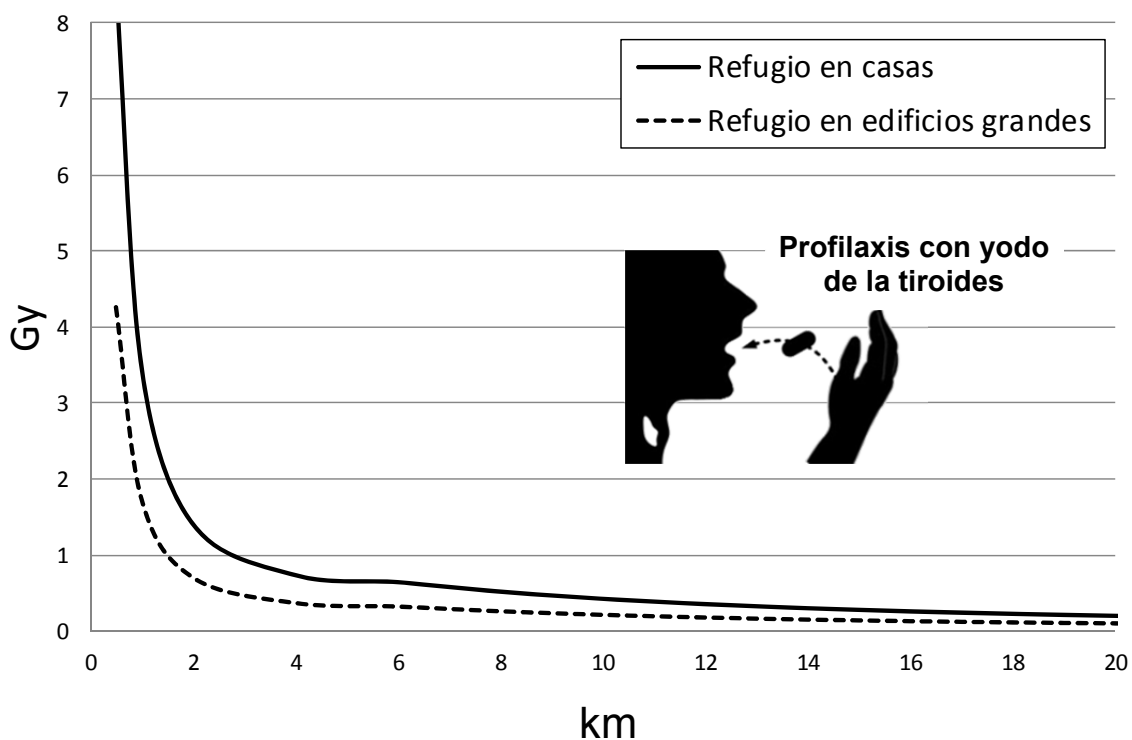


Fig. 20. Dosis absorbida ponderada por la EBR en el feto por inhalación ( $DA_{\text{feto, inh}}$ ) después de tomar un agente bloqueador de la tiroides.

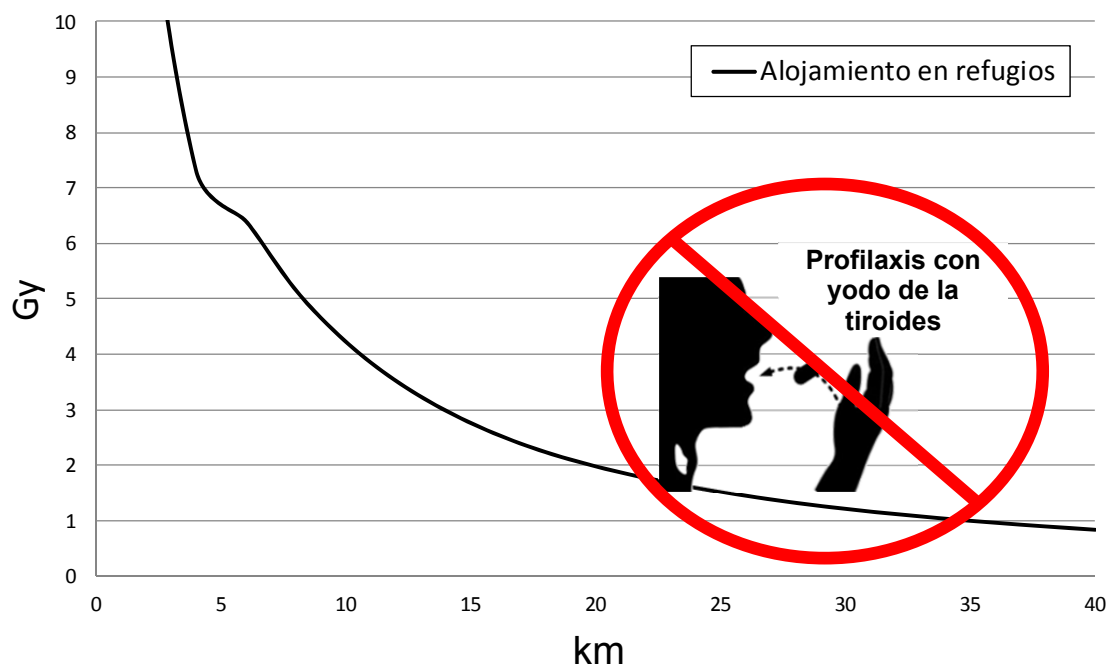


Fig. 21. Dosis absorbida ponderada por la EBR en el feto por inhalación ( $DA_{feto,inh}$ ) sin tomar un agente bloqueador de la tiroides durante el alojamiento en refugios.

### 1.2.2. ZPU

El tamaño de la ZPU recomendado en el cuadro 3 comprende unos 15 a 30 km, distancia que se sustenta en los cálculos de primera aproximación que se presentan más adelante.

La figura 22 demuestra que el criterio de 100 mSv de dosis efectiva ( $E_{inh}$ ) (cuadro 19), si se proyecta en caso de que se pongan en marcha medidas protectoras urgentes para evitar o minimizar los efectos estocásticos [1], probablemente se rebase por inhalación hasta una distancia de 30 km si una persona se refugia en una casa y hasta una distancia de 15 km si lo hace en un edificio grande.

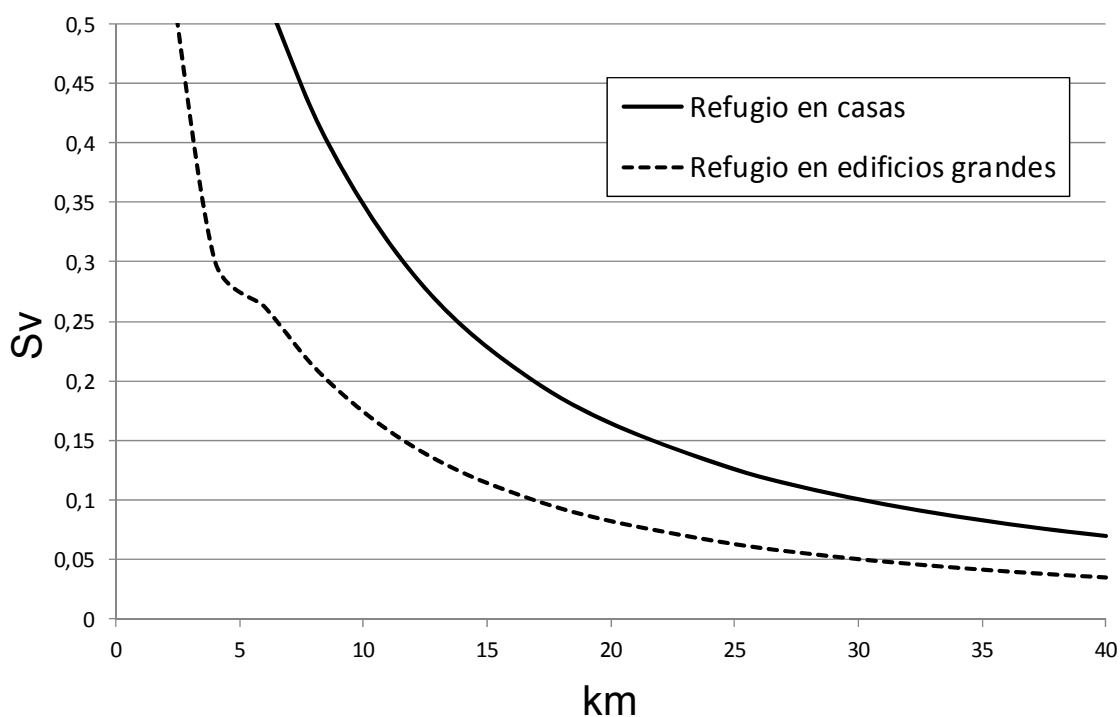


Fig. 22. Dosis efectiva por inhalación ( $E_{inh}$ ).

La figura 23 pone de manifiesto que si se toma un agente bloqueador de la tiroides antes o poco después de la inhalación probablemente el criterio de 100 mSv en el feto ( $H_{\text{feto,inh}}$ ) (cuadro 19) se rebase hasta una distancia de unos 20 km si una mujer embarazada se refugia en un edificio grande y hasta una distancia de unos 30 km si lo hace en una casa.

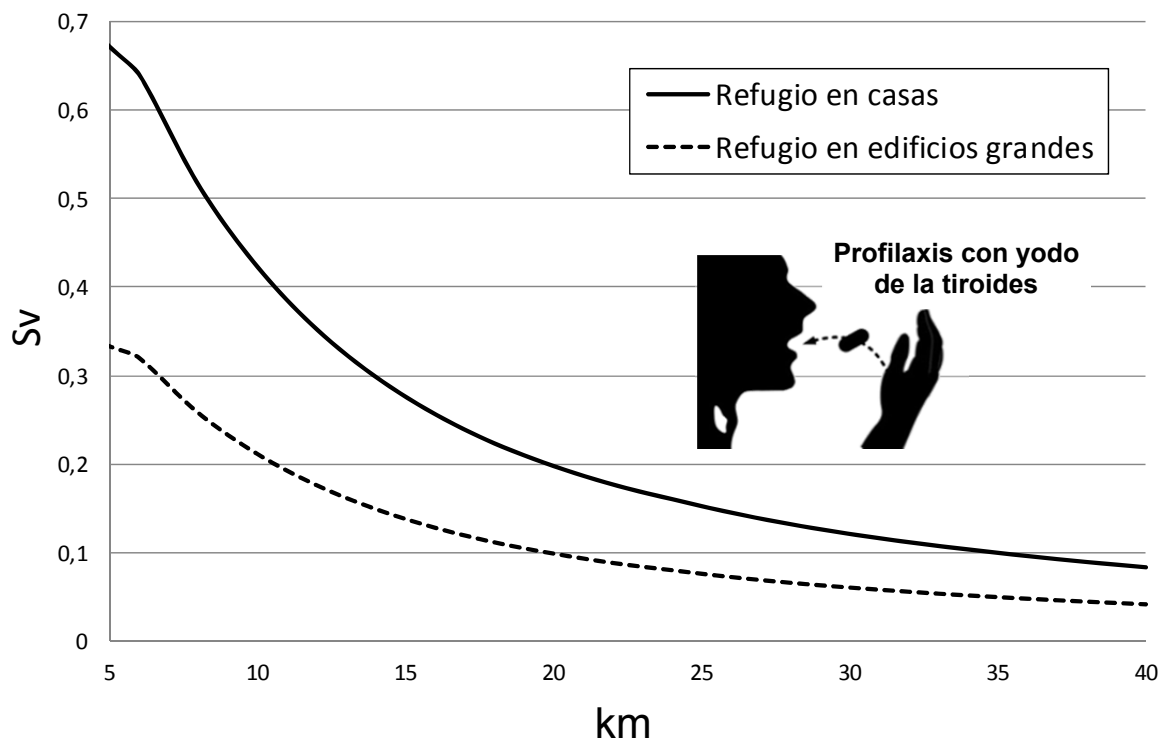


Fig. 23. Dosis equivalente en el feto por inhalación ( $H_{\text{feto,inh}}$ ) después de tomar un agente bloqueador de la tiroides.

### 1.2.3. Determinación del tamaño de las zonas de emergencia teniendo en cuenta las condiciones locales específicas del emplazamiento

La figura 24 muestra la disminución de la concentración con la distancia de recorrido del penacho y, por tanto, de la dosis con la distancia a partir del punto de emisión en condiciones meteorológicas típicas<sup>53</sup> y de las distancias comprendidas en los tamaños de zonas sugeridos en el cuadro 3. La figura indica que en una distancia de unos 3 a 5 km se registra una reducción en un factor de 10 y otra reducción en un factor de 3 después que el penacho ha recorrido otros 10 km; sin embargo, no hay otra reducción en un factor de 3 hasta que el penacho ha recorrido otros 25 km (hasta una distancia de unos 40 km).

La figura 24 demuestra la importancia de concentrarse en la pronta adopción de medidas protectoras a pocos kilómetros de la central nuclear para reducir notablemente la exposición de la población y el peligro para la salud conexas. Debería evitarse que se establezca una ZMP con un confin inferior a 3 km porque ello podría incrementar considerablemente el riesgo para el público y debería examinarse cuidadosamente el establecimiento del confin a mucho más de 5 km para asegurar que no se reduzca la eficacia de las medidas protectoras para quienes se encuentran cerca de la central y que corren mayor riesgo.

<sup>53</sup> Condiciones típicas en estabilidad D, emisión a nivel del suelo y ausencia de lluvia.

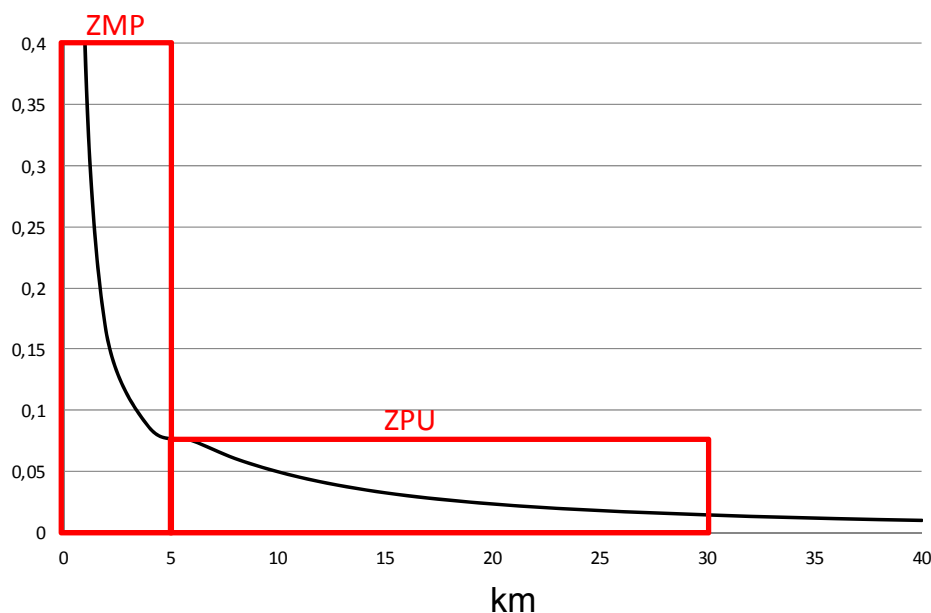


Fig. 24. Concentración en el penacho en relación con la concentración registrada a 0,5 km en condiciones meteorológicas típicas (estabilidad D) en función de la distancia de recorrido del penacho desde el lugar de emisión.

La figura 24 también indica que más allá de unos 3 a 5 km lo más eficiente sería concentrarse en la adopción de medidas protectoras dentro de una distancia de unos 15 a 30 km, que es el punto de partida sugerido para establecer el confín de la ZPU. Debería evitarse que se establezca el confín de la ZPU a una distancia mucho menor de 15 km debido al aumento del riesgo para el público. Con todo, también debería examinarse cuidadosamente el establecimiento del confín de la ZPU a mucho más de 30 km, ya que con ello: a) no se logra mucho mayor beneficio debido a que la dosis se reduce de manera muy gradual con la distancia y b) se puede demorar la aplicación de medidas protectoras para quienes corren mayor riesgo cerca de la central. El efecto de la distancia en que se establece el confín de una zona se presenta en la figura 25. Esta figura muestra el área aproximada en que se deberían aplicar medidas protectoras dentro de una zona en función de la distancia a que se encuentra el confín de la zona de la central nuclear. Por ejemplo, una ZPU con un confín de hasta unos 30 km abarcaría un área cuatro veces mayor que el área de una ZPU con un confín establecido a unos 15 km e incluiría otros 2000 km<sup>2</sup>.

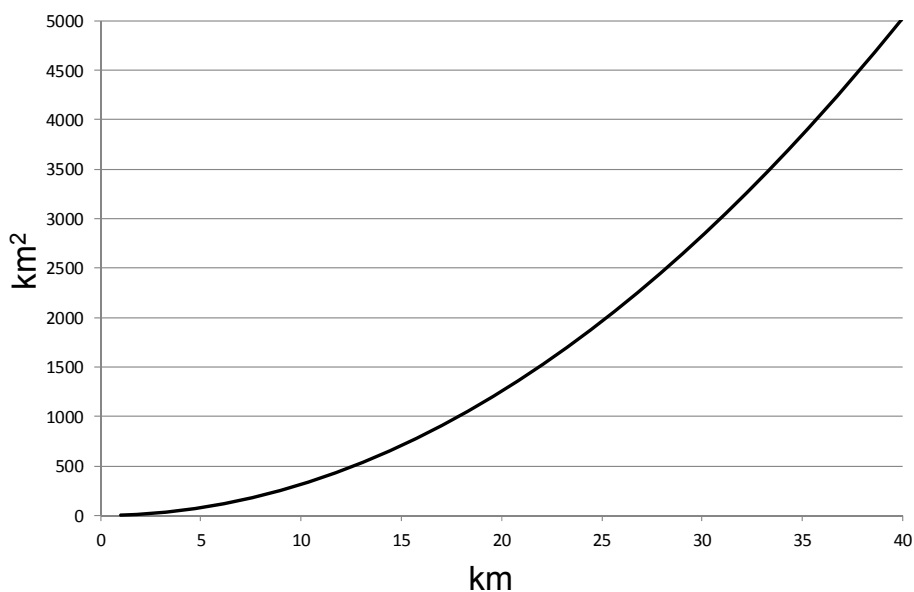


Fig. 25. Tamaño de zona aproximado en que se deberían aplicar medidas protectoras y su relación con la distancia a que se encuentra el confín de la zona de la central.



Los tamaños de las zonas y distancias pueden establecerse a base del análisis concreto de la central nuclear en la medida en que se consideren apropiadas las emisiones de emergencias relacionadas con daños graves del combustible del reactor y el fallo o derivación de la contención. En cambio, se deben evitar los límites inferiores o superiores en un factor de dos a los márgenes recomendados en el cuadro 3 a menos que se sustenten en un análisis concreto de la central nuclear, ya que ello podría reducir la eficacia de las medidas protectoras conexas y otras medidas de respuesta, como se demuestra en este apéndice.

El efecto de la potencia nominal de la central nuclear en los tamaños de la zona es lineal y secundario cuando se tienen en cuenta las incertidumbres asociadas con la magnitud, la composición, la altitud efectiva y la duración de la emisión, así como las condiciones meteorológicas, como se expone en la figura 26.

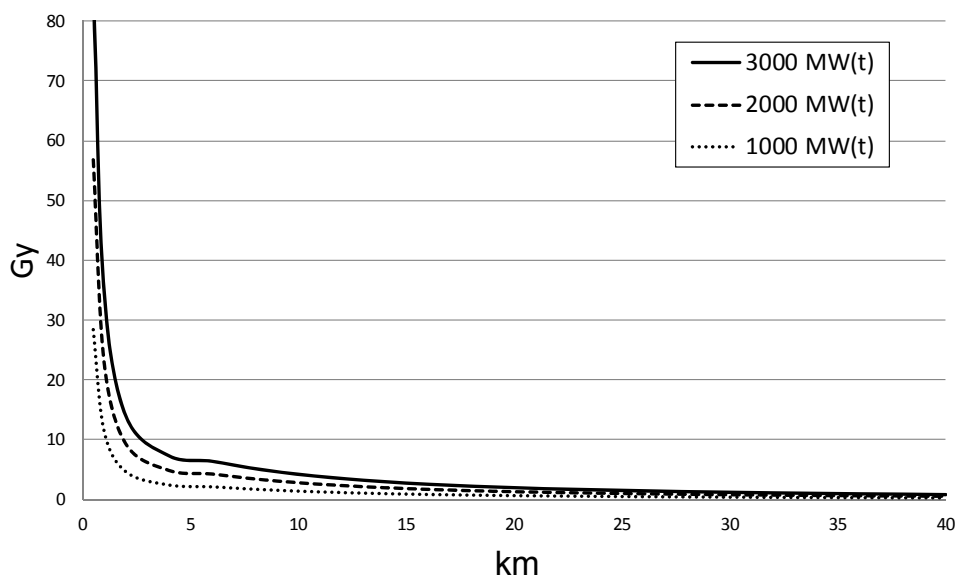


Fig. 26. Dosis absorbida ponderada por la EBR en el feto por inhalación ( $DA_{feto,inh}$ ) proyectada sin tomar un agente bloqueador de la tiroides durante el refugio en una casa para emisiones de centrales con diferentes niveles de potencia.

### I.3. OTROS ANÁLISIS EN APOYO DEL TAMAÑO DE LAS ZONAS

Los resultados que se analizan en la sección 1.2 son compatibles con otros estudios [por ejemplo, véanse las refs. 14, 16, 39, 43] y la experiencia del accidente de Chernóbil<sup>54, 55</sup> [27] que demostraron que en una emergencia relacionada con una emisión de las emergencias más graves asociadas a daños del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor [44], la zona situada a una distancia de unos 3 a 5 km probablemente tenga que ser evacuada. Tal vez sea más eficaz recurrir a la evacuación gradual [16] (es decir, en primer lugar, evacuar la zona en un radio de 3 a 5 km, y seguidamente la zona más allá de ese límite) que evacuar toda el área recomendada para la ZPU porque permite evacuar con mayor rapidez a las personas que se encuentren en los primeros 3 a 5 km.

En la ref. [39] también se ha evaluado la eficacia de diversas medidas protectoras aplicables a emergencias muy graves en un reactor de gran potencia ( $\approx 3000$  MW(t)) y cuyos resultados se exponen en las figuras 27 y 28. Este análisis se realizó en relación con emergencias muy graves que entrañaban

<sup>54</sup> Emisión del accidente de la central nuclear de Chernóbil (30 % a 50 % de los productos de fisión volátiles).

<sup>55</sup> La emisión inicial del accidente de la central nuclear de Chernóbil originó dosis que habrían sido mortales para las personas que se encontraban al aire libre a pocos kilómetros de la central (en el área en que la radiación destruyó los árboles creando el denominado “bosque rojo”). No hubo muertes porque esta emisión inicial no se produjo en una zona poblada.

la fusión del combustible del núcleo y una emisión inicial a partir de la contención. En él se incluye una gama de emisiones, de las cuales algunas son más graves que la descrita en el cuadro 20 y que ya no se consideran verosímiles en relación con muchos diseños de reactores. No obstante, el análisis aportó valiosa información sobre la eficacia de diversas medidas protectoras.

Las barras de las figuras 27 y 28 representan un margen que da cuenta de las incertidumbres respecto de la magnitud de la emisión y las condiciones meteorológicas. Estas figuras muestran la probabilidad de que un miembro del público reciba una dosis absorbida ponderada por la EBR en la médula roja superior a 2 Gy (figura 27) y 0,5 Gy (figura 28) según las diversas medidas protectoras que adopte el público. El análisis considera una serie de condiciones meteorológicas y emisiones relacionadas con la fusión del núcleo y un fallo inicial de la contención (emisión inicial). Por fallo inicial de la contención se entiende aquel que se produce a las pocas horas del daño del núcleo; con todo, no se prevé que la mayoría de las emisiones iniciales ocurran antes de las dos horas [40] posteriores a la pérdida de una función de seguridad (que lleve a la declaración de una emergencia general). Por tanto, probablemente exista un tiempo de aviso de dos o más horas para poner en marcha las medidas protectoras urgentes antes de la emisión, incluso para los peores casos que se presentan en las emergencias postuladas. La figura 27 señala la probabilidad de que se supere el criterio de 2 Gy, que da una indicación de la probabilidad de que se produzcan muertes prematuras debidas a la exposición a la radiación entre el público. La figura 28 señala la probabilidad de que se supere el criterio de 0,5 Gy, que puede utilizarse para conocer si es probable que se produzcan efectos deterministas graves en el feto, si se da por supuesto que también se ha tomado el agente bloqueador de la tiroides para proteger la tiroides fetal. Debe señalarse que estas proyecciones son muy inciertas y que solo pueden utilizarse para comparar la eficacia de las distintas medidas protectoras. Las medidas protectoras evaluadas fueron las siguientes:

- actividad normal: no se tomaron medidas protectoras durante la emisión, pero se supuso que las personas fueron evacuadas en las seis horas siguientes a la llegada del penacho.
- refugio en el sótano de una casa: se supuso una protección contra la irradiación del suelo, la radiactividad de la nube y la inhalación representativa de la que proporcionarían casas de mampostería sin sótanos, así como casas de estructuras de madera con sótanos. La evacuación del lugar de refugio se realizó en las seis horas siguientes a la llegada del penacho.
- refugio en un edificio grande: se proporcionó protección en un edificio grande, como por ejemplo, un edificio de oficinas, un hospital, un edificio de apartamentos o una escuela. Las personas fueron evacuadas del lugar de refugio en las seis horas siguientes a la llegada del penacho.
- evacuación: comenzó en el momento en que se produjo la emisión, una hora antes de que comenzara la emisión y una hora después de que comenzara la emisión. Se supuso una velocidad lenta de evacuación de 5 km por hora (velocidad de marcha).

El examen de las figuras 27 y 28 demuestra que la pronta evacuación antes de una emisión en que las condiciones de la central nuclear (en que se han rebasado los NAE) indiquen daños graves del combustible es la medida protectora más eficaz que puede adoptarse en la ZMP y la ZPU. Ello es válido para la amplia mayoría de emergencias postuladas que podrían justificar medidas protectoras fuera del emplazamiento siempre que la evacuación pudiera efectuarse con seguridad<sup>56</sup>. La evacuación se prefiere al refugio en edificios grandes porque:

- la evacuación antes de una emisión es la única medida protectora urgente que reduce considerablemente la probabilidad de efectos deterministas graves;
- en los cálculos se supuso una velocidad de evacuación conservadora de 5 km/h (velocidad de marcha). El incremento de esta velocidad aumenta en gran medida la eficacia de la evacuación; y
- en la mayoría de las emergencias no se conocerá el momento y la duración de una emisión y, por tanto, la forma más eficaz de evacuar al público de las zonas cercanas a la central nuclear antes de que ocurra una emisión es actuar cuando se detecten condiciones que puedan causar daños graves del combustible (cuando se rebasa el NAE en una emergencia general).

---

<sup>56</sup> Si no es posible la evacuación (por ejemplo, debido a inundaciones, tormentas o nieve), es preciso procurar refugio en edificios grandes y tomar el agente bloqueador de la tiroides hasta que ella se pueda efectuar.

La figura 27 muestra que las personas que se encuentren a una distancia de 5 km (tamaño máximo sugerido de la ZMP) de la central nuclear que comiencen a ser evacuadas una hora antes del inicio de la emisión, aun cuando viajen a una velocidad lenta (5 km por hora), no tienen básicamente ninguna probabilidad de recibir 2 Gy. Sin embargo, el refugio en sótanos de casas y en edificios grandes en un radio de 5 km o la evacuación al comienzo de la emisión tal vez no impidan que la dosis supere los 2 Gy. Las personas que se encuentren en un radio de 5 km de la central nuclear que esperaron hasta una hora después del inicio de una emisión para comenzar la evacuación (es decir, la evacuación en el penacho) también tienen una oportunidad importante de recibir 2 Gy, aunque su riesgo sigue siendo inferior al que corren quienes se alojan en el sótano de una casa. No obstante, en la mayoría de los casos esta probabilidad disminuiría a velocidades de evacuación más altas. Por tanto, lo único que reduce considerablemente la oportunidad de que las personas que se encuentren en un radio de 5 km (que es la ZMP) de la central nuclear reciban una dosis superior a 2 Gy es comenzar la evacuación antes de que se produzca la emisión. A 8 km se puede reducir sobremanera la probabilidad de recibir una dosis superior a 2 Gy ya sea comenzando a evacuar el lugar al principio o antes de la emisión o procurando refugio en edificios grandes. La eficacia se reduce<sup>57</sup> para quienes comiencen la evacuación una hora después a más de 5 km de la emisión. Más allá de los 16 km no sería necesario tomar medidas protectoras en la mayoría de los casos para evitar una dosis de 2 Gy, salvo la evacuación o el realojamiento de puntos activos.

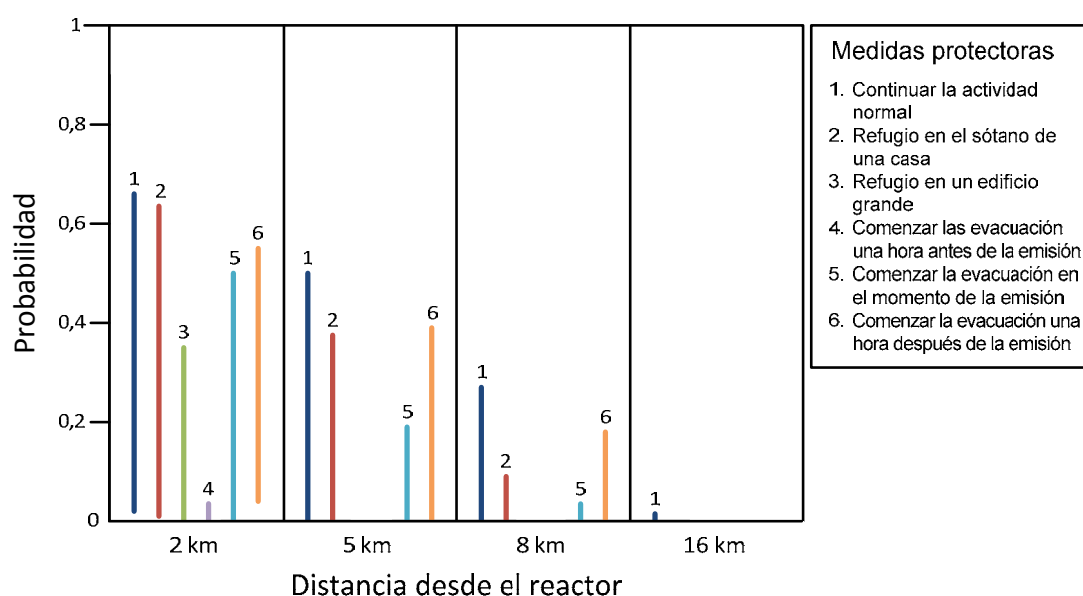


Fig. 27. Probabilidad de superar una dosis absorbida ponderada por la EBR de 2,0 Gy en la médula roja en relación con diversas medidas protectoras suponiendo la fusión del núcleo y un fallo inicial de la contención de una central nuclear de aproximadamente 3000 MW(t).

La figura 28 muestra la eficacia de las diversas medidas protectoras destinadas a mantener la dosis por debajo de 0,5 Gy. Esta figura provee información sobre la eficacia de las diversas medidas protectoras para prevenir efectos deterministas graves en el feto siempre que se administre el agente bloqueador de la tiroides antes de la llegada del penacho. Asimismo, pone de manifiesto que en el radio de 5 km incluso una evacuación lenta, a una velocidad de 5 km por hora que comience una hora antes o en el momento de la emisión es más eficaz que el alojamiento en refugios para prevenir dosis mayores de 0,5 Gy. No obstante, para evitar una dosis de 0,5 Gy en todos los casos se requeriría la evacuación más de una hora antes de la emisión. Esto también demuestra que, a 8 km, el refugio en un edificio grande y la evacuación antes de una emisión son muy eficaces para prevenir las dosis superiores a 0,5 Gy, si bien no lo serían en todos los casos.

<sup>57</sup> La dosis producida por una emisión se reduce de manera más gradual cuanto mayor sea la distancia entre el punto de partida de la evacuación y la central (véase por ejemplo, la figura 19); de ahí que las evacuaciones en un penacho que comienzan cerca de una central sean más eficaces que las que comienzan a una distancia mayor.

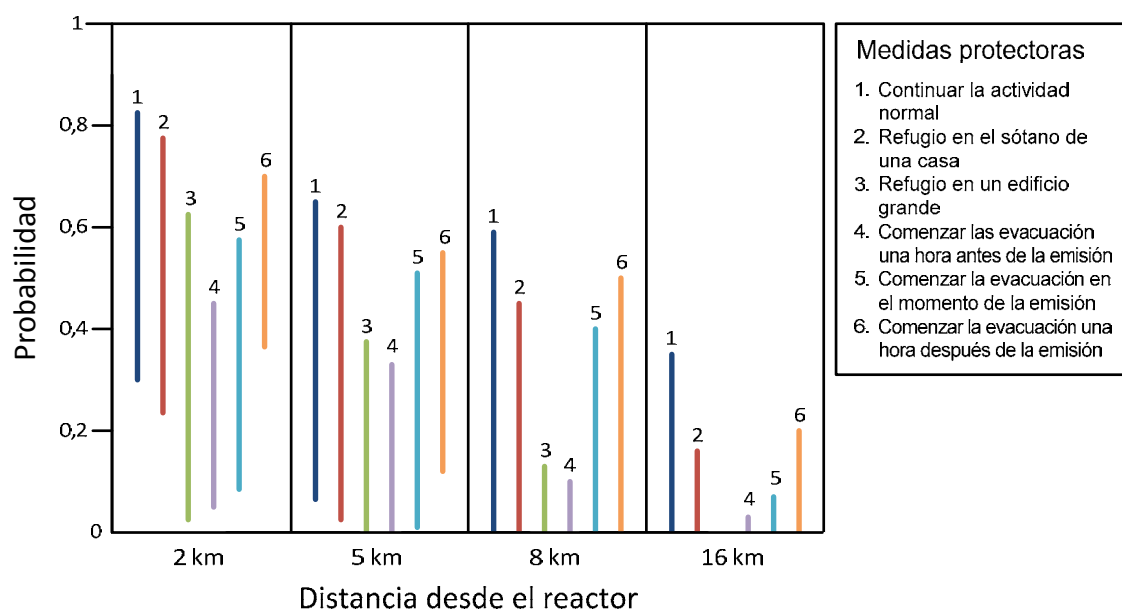


Fig. 28. Probabilidad de que se supere una dosis absorbida ponderada por la EBR de 0,5 Gy en la médula roja en relación con diversas medidas protectoras suponiendo la fusión del núcleo y un fallo inicial de la contención de una central nuclear de aproximadamente 3000 MW(t).

En algunas emergencias que progresan muy rápido con muy poco tiempo de aviso (en una emisión que comienza 0,5 horas después de un suceso iniciador), los estudios [16, 39] indican que el refugio en el sótano de una casa seguido de una pronta evacuación después del paso del penacho puede resultar más eficaz para prevenir muertes tempranas<sup>58</sup>, que una evacuación lenta (por ejemplo, < 5 km por hora) que comience durante la emisión en un radio de 5 a 10 km o después de ella. Esto obedece a una combinación improbable de condiciones, que comprenden la transmisión de un aviso en un período muy corto antes de producirse la emisión (por ejemplo, menos de 0,5 horas), la brevedad de la emisión, la lentitud de evacuación efectiva (< 5 km/h) y el comienzo de la evacuación durante un marco de tiempo específico de aproximadamente 1,5 horas. Sin embargo, estos estudios [16, 39] también indican que las evacuaciones a velocidades mayores de unos 5 km por hora son tan eficaces como el alojamiento en refugios para prevenir muertes tempranas, incluso en este tipo improbable de emisión.

La medida protectora recomendada es siempre la evacuación de la ZMP y, si hay posibilidades de que se produzca una emisión grave de partículas, la evacuación de la ZPU<sup>59</sup> si esta última puede llevarse a cabo con seguridad porque: a) la evacuación rápida es la medida protectora más eficaz dentro de la ZMP y la ZPU en la amplia mayoría de emergencias postuladas que podrían justificar medidas protectoras fuera del emplazamiento; y b) en la mayoría de los casos no se podrá conocer el momento ni la duración de una emisión. Es preciso llevar a cabo el alojamiento en refugios junto con la profilaxis con yodo de la tiroides hasta que la evacuación pueda realizarse con seguridad.

#### I.4. DISTANCIA DE PLANIFICACIÓN AMPLIADA (DPA)

La distancia de planificación ampliada es aquella dentro de la cual se deben adoptar disposiciones en la etapa de preparación (antes de una emergencia) para monitorizar las tasas de dosis por deposición. Esto se hace para localizar los puntos activos que requieren la evacuación o el realojamiento en el curso de una semana a un mes después de una emisión. Al hacerlo se cumplirían los criterios

<sup>58</sup> No se evaluó la eficacia para prevenir efectos deterministas graves en el feto o la tiroides.

<sup>59</sup> La evacuación de la ZPU puede realizarse gradualmente de tal manera que las zonas en riesgo inmediato sean evacuadas en primer lugar (por ejemplo, teniendo en cuenta la dirección proyectada del viento), o de modo que pueda realizarse con más eficacia (por ejemplo, optimizando la red vial existente). Con todo, es probable que a la larga la ZPU tenga que ser evacuada en todas las direcciones debido a los cambios de orientación del viento que podrían tener lugar durante una emisión o durante todo el tiempo de duración de una emisión potencial grave.

internacionales que establecen la aplicación de medidas protectoras y otras medidas de respuesta. En el cuadro 23 [1] se exponen los criterios internacionales en que se justifica el realojamiento.

**CUADRO 23. CRITERIOS GENÉRICOS APLICABLES A LAS MEDIDAS PROTECTORAS INICIALES DESTINADAS A REDUCIR EL RIESGO DE EFECTOS ESTOCÁSTICOS**

<b>Cantidad dosimétrica</b>	<b>Adoptar medidas protectoras iniciales si la dosis proyectada es superior a los siguientes criterios genéricos:</b>	<b>Ejemplos de medidas protectoras iniciales y otras medidas de respuesta</b>
Dosis efectiva total (E)	100 mSv por año	Realojamiento, descontaminación, reemplazo de alimentos, leche y agua y ofrecimiento de seguridades al público  Si se alcanza el valor de los criterios genéricos (se recibe la dosis), proceder al cribado
Dosis equivalente total en el feto ( $H_{feto}$ )	100 mSv durante todo el período de desarrollo en el útero	

Para la distancia de planificación ampliada consignada en el cuadro 3 se sugieren las dimensiones siguientes:

- 50 km para los reactores con niveles de potencia inferiores a 1000 MW(t) y superiores a 100 MW(t); y
- 100 km para los reactores con niveles de potencia superiores a 1000 MW(t).

En estas distancias que se sugieren se tiene en cuenta lo siguiente:

- tras la emisión durante el accidente de la central nuclear de Chernóbil [27], se produjeron puntos activos más allá de los 200 km que hicieron necesario proceder al realojamiento de conformidad con los criterios genéricos enunciados en el cuadro 23. Suponiendo que la distancia a la que se supere determinada concentración en el suelo (distancia a la que se rebasen los criterios genéricos) sea directamente proporcional a la magnitud de la emisión [41], la contaminación causada por la lluvia para la que se justifica el realojamiento puede producirse más allá de la distancia de planificación ampliada sugerida (es decir, 100 km) para todos los reactores con niveles de potencia de 1000 MW(t) o más. Para los reactores con niveles de potencia inferiores a 1000 MW(t), la dimensión de la distancia de planificación ampliada sugerida se redujo a escala proporcionalmente; y
- la planificación dentro de la distancia de planificación ampliada sirve de base importante para ampliar las actividades de monitorización, si se estima necesario.

#### **I.5. DISTANCIA DE PLANIFICACIÓN APLICABLE A LA INGESTIÓN Y LOS PRODUCTOS BÁSICOS (DPIP)**

La distancia de planificación aplicable a la ingestión y los productos básicos es la distancia en que deben aplicarse restricciones urgentes del consumo y la distribución de productos locales, productos silvestres (por ejemplo, setas y caza), la leche de animales que pastan en la zona o el agua de lluvia antes o poco después de una emisión para: a) reducir de manera significativa el riesgo de un aumento de la incidencia de cáncer de tiroides radioinducido y b) reducir las dosis que rebasan los criterios genéricos expuestos en el cuadro 23.

Para la distancia de planificación aplicable a la ingestión y los productos básicos que se señalan en el cuadro 3 se sugieren las dimensiones siguientes:

- 100 km para las centrales nucleares con niveles de potencia inferiores a 1000 MW(t); y
- 300 km para las centrales nucleares con niveles de potencia superiores o iguales a 1000 MW(t).

Estas distancias sugeridas se basan en los aspectos siguientes:

- a) durante el accidente de la central nuclear de Chernóbil se emitió aproximadamente un 30 % a un 50 % del yodo presente en el núcleo (emisión que triplicó la cantidad que se suponía para el caso típico). Ello dio lugar a lo siguiente: i) aumentos detectables de la tasa de cáncer de tiroides debido a los casos de efectos radioinducidos [25] que se desarrollaron por las dosis recibidas en la tiroides a causa de la ingestión de leche contaminada a distancias mayores de 300 km de la central nuclear, y ii) un nivel de contaminación que justificó la imposición de restricciones conformes a los criterios genéricos expuestos en el cuadro 23 a distancias mayores de 2000 km (se justificaron restricciones de ingestión en zonas del Reino Unido por la deposición de material radiactivo después que el penacho había recorrido 4000 km). Además, el accidente de la central nuclear de Fukushima Daiichi originó una emisión de cerca del 3 % del yodo presente en un núcleo [7] e hizo que se establecieran restricciones de los alimentos a distancias mayores de 200 km. Suponiendo que la distancia a la que se supera una concentración específica en el suelo (distancia a la que se rebasa un criterio genérico) es directamente proporcional a la magnitud de la emisión [41], se demuestra que, para prevenir una dosis que supere los criterios genéricos señalados en el cuadro 23, incluso en el caso de una emisión elevada, como la que ocurrió en la central nuclear de Chernóbil, probablemente sea necesario disponer el reemplazo de los alimentos, la leche o el agua de lluvia a distancias muy superiores a los 300 km. Esto se aplica a una emisión del 10 % del yodo (caso típico) incluso desde una central nuclear con niveles de potencia inferiores a 1000 MW(t).
- b) los modelos de proyecciones que suponen las características de las emisiones y las condiciones meteorológicas descritas en la sección I.1 de este apéndice para un reactor con niveles de potencia superiores o iguales a 1000 MW(t). Está previsto que los criterios genéricos expuestos en el cuadro 23 [1], que exigen restricciones del consumo y la realización de cribados, se rebasen más allá de los 300 km como resultado del consumo de verduras y leche de animales que pastan en la zona, si se supone que esté contaminada en un 10 % la dieta.
- c) Las pautas de la deposición resultante de una emisión son muy complejas y variables. Incluso las emisiones en curso relativamente reducidas que se prevé que ocurran días o semanas después de la emergencia pueden originar puntos activos que provoquen la contaminación de los alimentos, la leche o el agua de lluvia a niveles que rebasen los criterios internacionales que exigen la aplicación de medidas protectoras y otras medidas de respuesta. Estas pautas de deposición complejas y variables hacen imposible determinar, en días a semanas, cuando la ingestión es preocupante, las zonas que justifican la restricción del consumo sobre la base de la monitorización y el muestreo solamente. Durante el accidente de la central nuclear de Chernóbil la fuente principal de dosis que originó cánceres de tiroides radioinducidos fue la ingestión de leche de vacas que habían comido pasto contaminado. Dos días después de la emisión la leche que se consumió estaba contaminada. En consecuencia, las restricciones deben aplicarse antes de la monitorización y el muestreo.

En resumen, la distancia de planificación de 300 km aplicable a la ingestión y los productos básicos se sugiere para los reactores con niveles de potencia superiores o iguales a 1000 MW(t) porque: a) esta podría ser la distancia en que la contaminación de los alimentos, la leche o el agua de lluvia podría producir un aumento detectable de cánceres de tiroides radioinducidos en las peores emisiones posibles, como demostró el accidente de Chernóbil, b) los criterios genéricos enunciados en el cuadro 23 [1] que exigen restricciones del consumo y la realización de cribados probablemente se rebasen más allá de los 300 km y c) la planificación dentro de esta distancia sirve de base importante para ampliar las restricciones si se considera necesario.

Para los reactores con niveles de potencia inferiores a 1000 MW(t), la dimensión sugerida para la distancia de planificación aplicable a la ingestión y los productos básicos se redujo a escala proporcionalmente.

## APÉNDICE II

### DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES DE INTERVENCIÓN OPERACIONALES POR DEFECTO

#### II.1. RESEÑA GENERAL

Este apéndice contiene una reseña general de la base para definir los niveles de intervención operacionales (NIO) por defecto que se presentan en la sección 6. Los NIO por defecto se elaboraron utilizando supuestos razonablemente conservadores. Se consideran conservadores porque se prevé que los criterios genéricos se rebasen en la persona representativa en un valor medido más alto que los valores NIO por defecto.

En el caso de una emisión procedente del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor, los NIO expresados en función de la tasa de dosis pueden utilizarse para tomar decisiones con respecto a las medidas más urgentes, las medidas protectoras iniciales y otras medidas de respuesta. La tasa de dosis es la cantidad preferida para los NIO porque puede medirse rápida y fácilmente empleando instrumentos disponibles con frecuencia. En el cuadro 24 se describe de forma resumida la base para determinar los NIO y en las secciones del presente apéndice se ofrecen más detalles. La adopción de medidas protectoras basadas en los NIO tiene el objetivo de que: a) se protejan todos los miembros del público de conformidad con las normas y orientaciones de seguridad internacionales [1]; b) que no se produzcan efectos deterministas graves incluso en los miembros del público más sensibles a la radiación (por ejemplo, niños o mujeres embarazadas (feto)), y c) que no ocurra ningún aumento detectable de la tasa de cáncer debido a los casos de efectos radioinducidos.

Los NIO se establecen para una “persona representativa”, que se define como aquella que recibe las dosis más altas razonablemente previsibles para cualquier miembro del público en una emergencia. En la mayoría de los casos, debido al carácter conservador de los supuestos hechos, no se esperaría que nadie recibiera una dosis que se acercara a la calculada para la persona representativa. Basando la medida de respuesta en la dosis recibida por la persona representativa se protegerá a todos los miembros del público. Estos NIO por defecto se establecieron para emisiones al medio ambiente del combustible de un reactor de agua ligera o un reactor moderado por grafito (RBMK) o del combustible de sus piscinas de combustible gastado. Se supone que el combustible estaba descubierto (falta de refrigerante) y que se había calentado hasta que quedó dañado y provocó la emisión. Se consideró toda la serie de posibles tipos de daños del combustible y emisiones, desde el fallo de las vainas del combustible hasta la fusión completa de todo el combustible.

Para calcular los valores NIO por defecto se formulan supuestos razonablemente conservadores como los siguientes:

- persona representativa: la exposición de la persona representativa denota la exposición del miembro del público más sensible a la radiación (por ejemplo, niños o mujeres embarazadas (feto)), o de sus órganos o tejidos;
- condiciones de exposición:
  - la población vive normalmente; y
  - se utilizan los factores de dosis máximos de entre los previstos para distintas formas químicas y físicas de ingestión e inhalación.
- mezcla de radionucleidos: se supuso la mezcla de radionucleidos emitida del núcleo o la piscina de combustible de un reactor que arrojó los valores NIO más conservadores.

En el cuadro 24 se resumen los criterios genéricos empleados para proteger al público del material radiactivo depositado en el suelo o la piel o que contamine los productos locales, la leche o el agua durante una emergencia. Estos criterios genéricos se tomaron de las refs. [1 y 2] y se elaboraron atendiendo a las últimas orientaciones de la ICRP [36], habida cuenta de las conclusiones del UNSCEAR [27], y fueron coauspiciados por la Oficina Internacional del Trabajo (OIT), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS). Los NIO que se

presentan en esta publicación se elaboraron sobre la base de los criterios genéricos establecidos en las normas internacionales que justifican las medidas protectoras y otras medidas de respuesta enunciadas en la ref. [1], salvo cuando se indique lo contrario en el cuadro 24. No todos los criterios genéricos internacionales que figuran en la ref. [1] se tienen en cuenta para una emisión de productos de fisión porque el cumplimiento de un subconjunto de estos criterios genéricos garantiza que también se cumplan los demás.

CUADRO 24. DESCRIPCIÓN RESUMIDA DE LOS NIO POR DEFECTO

NIO	Propósito	Criterios genéricos de dosis/ período de exposición	Vía de exposición/ escenario considerado <sup>a</sup>
<b>Deposición en el suelo</b>			
<b>NIO1</b>	Evaluar los resultados de la monitorización de la deposición en el suelo para tomar medidas urgentes.	100 mSv de dosis efectiva en la persona representativa durante un período de exposición de siete días <sup>b</sup>	Exposición externa a material radiactivo depositado (irradiación del suelo)
			Inhalación de material radiactivo resuspendido <sup>c</sup>
		100 mSv de dosis equivalente en el feto de la persona representativa durante un período de exposición de siete días <sup>b</sup>	Exposición externa a material radiactivo resuspendido <sup>c</sup>
			Ingestión accidental de suelo
<b>NIO2</b>	Evaluar los resultados de la monitorización de la deposición en el suelo para tomar las medidas iniciales.	100 mSv de dosis efectiva en la persona representativa durante un período de exposición de un año <sup>d</sup>	Exposición externa a material radiactivo depositado (irradiación del suelo)
			Inhalación de material radiactivo resuspendido <sup>c</sup>
		100 mSv de dosis equivalente en el feto de la persona representativa durante un período de exposición de un año <sup>d</sup>	Exposición externa a material radiactivo resuspendido <sup>c</sup>
			Ingestión accidental de suelo
<b>NIO3</b>	Evaluar la monitorización de la deposición en el suelo para determinar dónde debe restringirse el consumo de productos locales, leche y agua de lluvia posiblemente contaminados <sup>e</sup> porque ella puede originar niveles de contaminación que rebasen los criterios internacionales que justifican la restricción.	10 mSv <sup>f</sup> de dosis efectiva total en la persona representativa a partir de un año de consumo.	Suceso de contaminación único seguido por la ingestión de productos locales (como verduras cultivadas localmente) y leche de animales que pastan en la zona contaminada por la emisión. Se supone: a) que está afectado el 50 % de los alimentos, la leche y el agua consumidos, b) tasas de consumo realistas, c) la reducción debida al decaimiento radiactivo y d) la eliminación de la contaminación (cuando proceda) debida a las condiciones meteorológicas.



NIO	Propósito	Criterios genéricos de dosis/ período de exposición	Vía de exposición/ escenario considerado <sup>a</sup>
Contaminación en la piel			
NIO4	Evaluar la monitorización de la piel para determinar a quiénes se justifica inscribir en un registro para recibir un seguimiento médico posterior.	1 Gy de dosis absorbida ponderada por la EBR en la piel de la persona representativa durante un período de exposición de cuatro días <sup>e</sup> ;	Dosis en la piel e ingestión accidental de material radiactivo en la piel.
		100 mSv de dosis efectiva en la persona representativa durante un periodo de exposición de cuatro días <sup>e</sup> ;	
		100 mSv de dosis equivalente en el feto de la persona representativa durante un período de exposición de cuatro días <sup>e</sup> .	
Concentraciones de radionucleidos en alimentos, leche y agua			
NIO7	Evaluar el análisis de las concentraciones de radionucleidos para determinar si debe restringirse el consumo de alimentos, leche o agua.	10 mSv <sup>f</sup> de dosis efectiva comprometida en la persona representativa a partir de un año de consumo.	Suceso de contaminación único seguido de la ingestión de alimentos, leche o agua afectados. Se basa en supuestos muy conservadores, incluso en que todos los alimentos y el agua consumidos están afectados. Se tiene en cuenta la reducción debida al decaimiento radiactivo.
Incorporación de yodo radiactivo en la tiroides			
NIO8	Evaluar la monitorización de la tiroides para determinar a quiénes se justifica inscribir para que reciban un seguimiento médico posterior.	100 a 200 mSv de dosis equivalente comprometida en la tiroides de la persona representativa <sup>h</sup> .	Inhalación e ingestión de productos de fisión que afectan a la tiroides.

<sup>a</sup> Los escenarios y vías se describen en la sección II.2.

<sup>b</sup> El período de siete días de exposición se utiliza para determinar dónde resulta más eficaz tomar medidas urgentes en el curso de un día.

<sup>c</sup> Se toma en consideración pero no representa una fuente importante de dosis para este escenario.

<sup>d</sup> El período de un año de exposición se utiliza para determinar dónde resulta más eficaz tomar medidas iniciales en el período de unos días a un mes.

<sup>e</sup> Este es el intervalo de tiempo conservador que se supone para que el material radiactivo permanezca en la piel si no se toman medidas de descontaminación (como lavar la piel). Se supone que la piel no mostrará ya concentraciones importantes de material radiactivo después de cuatro días debido a los procesos naturales.

<sup>f</sup> Se aplica un criterio inferior al que se indica en la ref. [1] para impedir que las personas en las zonas no evacuadas o realojadas reciban una dosis total (incluida la dosis por ingestión) superior a los criterios genéricos de 100 mSv por año [1] y para que la dosis equivalente en el feto ( $H_{feto}$ ) sea inferior a los criterios genéricos consignados en la ref. [1] y que la dosis equivalente en la tiroides sea inferior a unos 100 mSv.

<sup>g</sup> Solo debe restringirse el consumo de agua potable no esencial que provenga directamente de sistemas de recogida de agua de lluvia sin diluir cuando se rebase el NIO3. Otras fuentes de agua potable (por ejemplo, pozos, represas o ríos) tendrán niveles de concentración mucho más bajos debido a la dilución y solo tendrá que restringirse su consumo si el análisis de las muestras supera los valores NIO7.

<sup>h</sup> Véase la explicación en la sección II.2.5

## II. 2. DESCRIPCIÓN DE LOS NIO

### II.2.1. Descripción del NIO1 y el NIO2

Los valores por defecto NIO1 y NIO2 del cuadro 7 representan la tasa de dosis ambiental a 1 metro por encima del nivel del suelo y se determinaron para la protección de las personas que residen en zonas afectadas. Como se indica en la figura 29, en la elaboración de los NIO se tuvieron en cuenta todas las vías de exposición importantes. Se supone que todas las personas (incluso las mujeres embarazadas) viven normalmente en una zona afectada por una emisión y que están expuestas a la irradiación del suelo (exposición externa a la deposición) y a la ingestión accidental, por ejemplo, de contaminación en las manos. También se consideraron la inhalación de material radiactivo resuspendido y la exposición externa a material radiactivo resuspendido, si bien estas no son fuentes importantes de exposición. Con todo, se supone que la persona no come o bebe alimentos, leche o agua de la zona afectada porque se han aplicado medidas protectoras para restringir el consumo.

El NIO1 se basa en los criterios genéricos establecidos para la adopción de medidas protectoras urgentes y otras medidas de respuesta cuando se prevé que se superen en siete días la dosis efectiva de 100 mSv o una dosis equivalente de 100 mSv en el feto. El NIO2 se basa en los criterios genéricos determinados para tomar medidas protectoras iniciales y otras medidas de respuesta cuando se prevé que se supere en un año la dosis efectiva de 100  $\mu$ Sv/h o una dosis equivalente de 100 mSv en el feto. Para el NIO2 se dan dos valores: 100  $\mu$ Sv/h para las mediciones que se toman menos de 10 días después de la parada de un reactor y 25  $\mu$ Sv/h para las mediciones que se toman más de 10 días después de la parada de un reactor. Esto se hace para tomar en cuenta los radionucleidos de corta duración que causan una medición de tasa de dosis alta durante los primeros días después de la parada del reactor, pero que no contribuyen de manera significativa a la dosis.

En los cálculos hechos para el NIO1 y el NIO2 se consideró el decaimiento y crecimiento, las reducciones debidas a las condiciones meteorológicas y las reducciones debidas a la permanencia de las personas y a la continuación de su vida normal (realizando actividades normales y manteniéndose bajo techo un 60 % del tiempo).

Los valores NIO se seleccionaron para asegurar que fueran razonablemente conservadores en relación con las posibles mezclas de radionucleidos emitidas desde el núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor. Esto se ilustra en las figuras 30 y 31, en que la zona sombreada muestra el margen de valores NIO1 y NIO2 calculados para las distintas mezclas de radionucleidos que pueden emitirse en diferentes momentos después de la parada. La línea punteada indica el NIO1 y el NIO2 seleccionados como valores por defecto en la figura 30.

Se eligió 1000  $\mu$ Sv/h como el valor NIO1 por defecto, como se observa en la figura 30, a pesar de que es mayor que el margen de tasas de dosis calculadas (zona gris en la figura 30) a partir de un día aproximadamente de la parada. Ello se considera aceptable porque este NIO llevará a la aplicación de medidas protectoras urgentes en las primeras horas posteriores al comienzo de una emergencia. Por tanto, se prevé que el período de exposición sea una fracción de los siete días que se suponen en los cálculos y que, si se toman las medidas protectoras con arreglo al NIO, la dosis resultante esté muy por debajo de los criterios genéricos de 100 mSv en todos los casos.

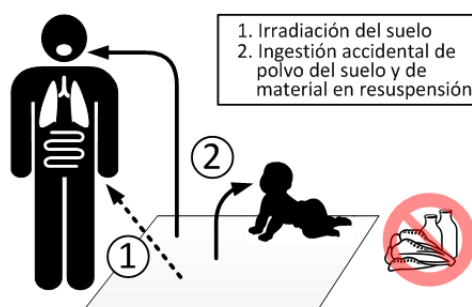


Fig. 29. Vías de exposición importantes por residir en una zona afectada que se toman en cuenta al establecer el NIO1 y el NIO2.

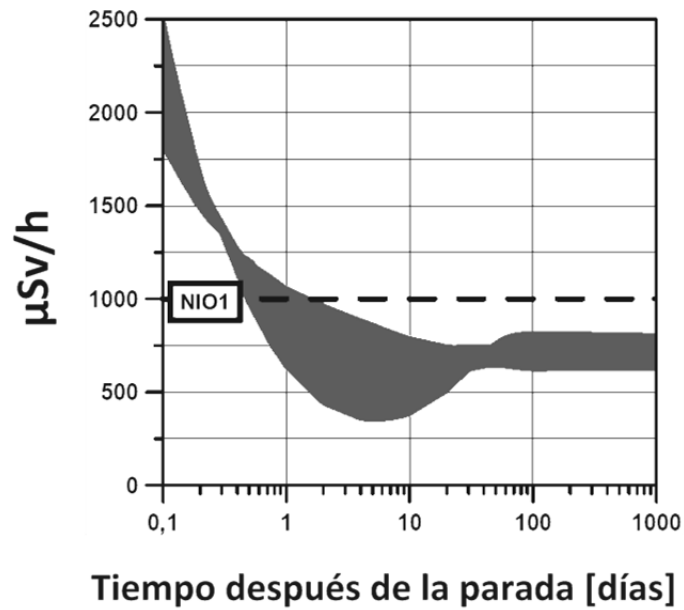


Fig. 30. Base para la selección del NIO1 por defecto. La zona gris muestra las tasas de dosis calculadas para las distintas mezclas de emisión en función del tiempo después de la parada que cumplen los criterios genéricos para establecer el NIO1. La línea punteada indica el NIO1 por defecto seleccionado.

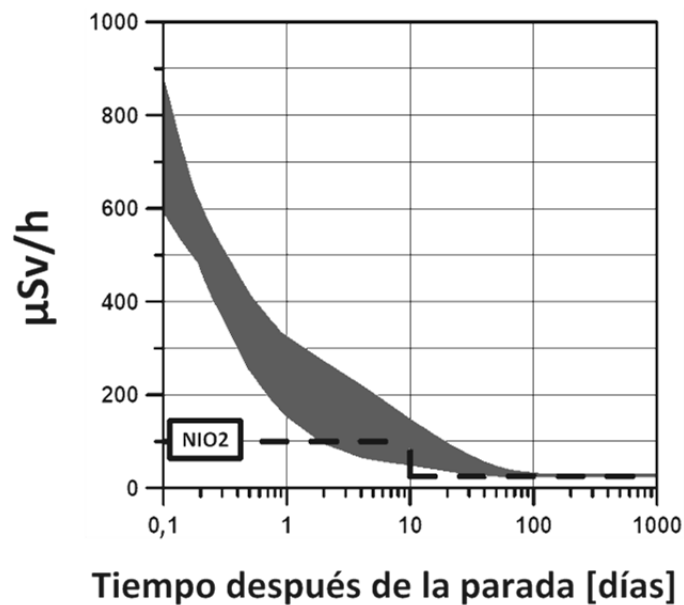


Fig. 31. Base para la selección del NIO2 por defecto. La zona gris muestra las tasas de dosis calculadas para las distintas mezclas de emisión en función del tiempo después de la parada que cumplen los criterios genéricos para establecer el NIO2. La línea punteada indica el NIO2 por defecto seleccionado.

## II.2.2. Descripción del NIO3

El valor NIO3 por defecto en el cuadro 7 se utiliza para evaluar los productos locales (como las verduras cultivadas a nivel local) y la leche de animales que pastan en la zona contaminada por la emisión sobre la base de mediciones sobre el terreno (figura 32). Se supuso que las personas:

- comen alimentos producidos en la zona afectada;
- beben leche de animales que pastan en la zona afectada; y
- beben agua de lluvia de la zona afectada.

Además, se supuso que:

- los miembros del público más sensibles a la radiación (por ejemplo, niños o mujeres embarazadas) consumen los productos durante un año entero;
- no se reducirá la concentración de materiales radiactivos por la forma en que se preparen los alimentos (por ejemplo, pelado, lavado) antes de su consumo;
- la contaminación en la superficie de las plantas (por ejemplo, antes de la cosecha o el consumo de las vacas) se reduce debido al decaimiento radiactivo y el proceso natural;
- las tasas de consumo son compatibles con la tasa realista de consumo por los niños de verduras y leche; y
- el 50 % de la dieta está contaminado.

Estos supuestos más realistas (en comparación con los supuestos más conservadores empleados para el cálculo de los valores NIO7) se utilizan para determinar dónde los productos locales, la leche de animales que pastan en la zona y el agua de lluvia deben restringirse de inmediato porque pueden dar lugar a concentraciones que rebasen los criterios internacionales que justifican restricciones si quedan directamente contaminados por una emisión.

Como en los cálculos del NIO3 se tuvieron en cuenta el decaimiento, el crecimiento y las reducciones debidos a las condiciones meteorológicas, la mayor parte de la dosis puede recibirse en las primeras semanas debido a la aportación de I 131.

Los valores NIO3 por defecto corresponden a la tasa de dosis por deposición que puede medirse rápidamente mediante estudios topográficos o reconocimientos aéreos. Ello permite definir las zonas en que se justifica imponer restricciones antes de que pueda concluir el lento proceso de muestreo y análisis de laboratorio. El NIO3 se establece para 10 mSv/a, que equivale a 1/10 de los criterios genéricos enunciados en la ref. [1]. Este valor se utiliza para impedir que las personas en las zonas no evacuadas o realojadas reciban una dosis total (incluida la dosis por ingestión) mayor que los criterios genéricos de 100 mSv por año [1] y para que la dosis equivalente en el feto ( $H_{\text{feto}}^{60}$ ) sea inferior a los criterios genéricos consignados en la ref. [1] y que la dosis equivalente en la tiroides ( $H_{\text{tiroides}}$ ) sea inferior a unos 100 mSv.

El valor NIO se seleccionó con el fin de asegurar que fuera razonablemente conservador para las posibles mezclas de radionucleidos emitidas desde el núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor. Esto se ilustra en la figura 33 con la zona sombreada que muestra el margen de valores NIO3 calculados para distintas mezclas de radionucleidos que pueden ser emitidos en diferentes momentos después de la parada. La línea punteada muestra los valores NIO3 por defecto señalados en el cuadro 7. Se eligió 1μSv/h como el valor NIO3 por defecto pese al hecho de que es mayor que el margen de tasas de dosis calculadas (zona gris en la figura 33) en un factor de 2 entre uno y diez días después de la parada. Esto se considera aceptable porque: a) una tasa de dosis de 1μSv/h se considera la más baja que puede utilizarse en condiciones de emergencia y b) los valores NIO calculados son muy conservadores debido a lo siguiente: i) el supuesto de que el 50 % de todos los alimentos, la leche

---

<sup>60</sup> En la gama de radionucleidos presentes después de una emisión del núcleo o la piscina de combustible de un reactor, la dosis equivalente en la tiroides ( $H_{\text{tiroides}}$ ) y en el feto ( $H_{\text{feto}}$  en sievert (Sv)) podría superar más de diez veces la dosis efectiva en sievert (Sv).

y el agua ingeridos está contaminado, y ii) el uso de 10 mSv como criterio genérico para la dosis efectiva por ingestión en lugar del criterio genérico de 100 mSv enunciado en la ref. [1].

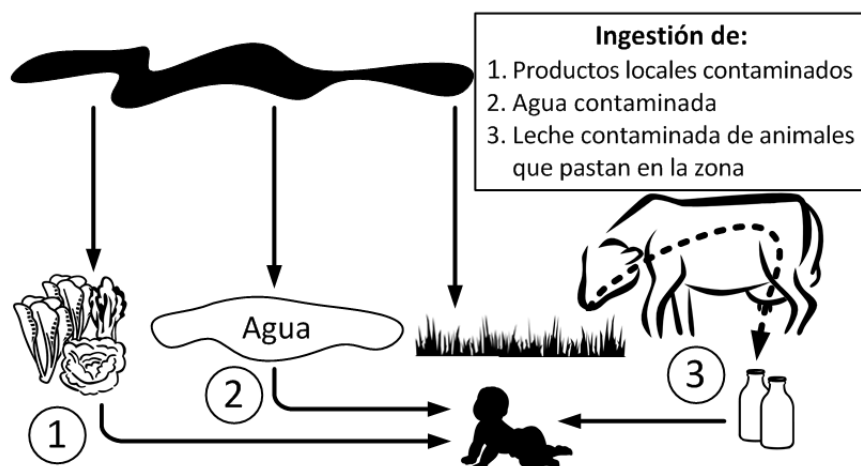


Fig. 32. Vías de exposición por ingestión importantes que se toman en cuenta al establecer el NIO3.

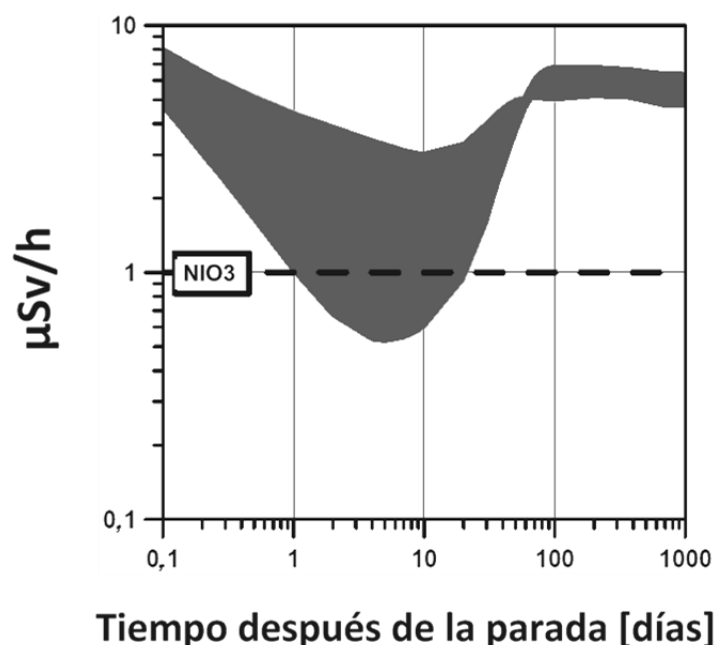


Fig. 33. Base para la selección del NIO3 por defecto. La zona gris muestra las tasas de dosis calculadas para las distintas mezclas de emisión en función del tiempo después de la parada que cumplen los criterios genéricos para establecer el NIO3. La línea punteada indica el NIO3 por defecto seleccionado.

### II.2.3. Descripción del NIO4

El valor NIO4 por defecto que figura en el cuadro 8 corresponde a la tasa de dosis ambiental ( $\mu\text{Sv/h}$ ) de material radiactivo en la piel. Para este escenario las vías de exposición más importantes (figura 34) son la ingestión accidental y la dosis de contaminación en la dermis de la piel. Estas vías se tuvieron en cuenta en la elaboración del NIO4. Si se supera el nivel NIO4, ello puede indicar que la persona que se monitoriza ha ingerido o inhalado accidentalmente suficiente contaminación para recibir dosis superiores a los criterios genéricos que exigen un seguimiento médico.

El valor NIO por defecto fue seleccionado para garantizar que fuera razonablemente conservador en relación con las posibles mezclas de radionucleidos emitidos desde el núcleo o la piscina de

combustible gastado de un reactor. Esto se ejemplifica en la figura 35 con la zona sombreada que muestra el margen de valores NIO4 calculado para distintas mezclas de radionucleidos que pueden emitirse en momentos diferentes después de la parada. La línea punteada indica los valores NIO4 por defecto del cuadro 8.



Fig. 34. Vías de exposición importantes a material radiactivo en la piel que se toman en cuenta al establecer el NIO4 por defecto.

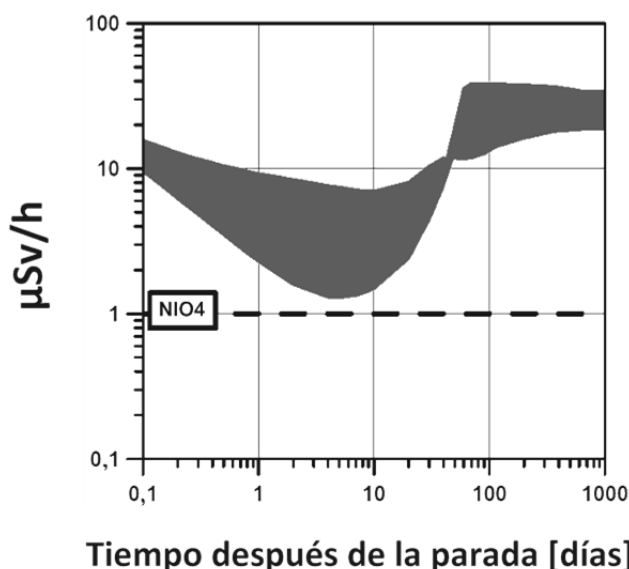


Fig. 35. Base para la selección del NIO4 por defecto. La zona gris muestra las tasas de dosis calculadas para las distintas mezclas de emisión en función del tiempo después de la parada que cumplen los criterios genéricos para establecer el NIO4. La línea punteada indica el NIO4 por defecto seleccionado.

## II.2.4. Descripción del NIO7

Los valores NIO7 por defecto del cuadro 9 corresponden a los dos radionucleidos marcadores  $^{131}\text{I}$  y  $^{137}\text{Cs}$ . El NIO se rebasa si se supera alguno de estos valores.

Los valores NIO7 por defecto se establecieron para incluir la contribución de todos los demás radionucleidos que estarían presentes en una emisión de productos de fisión. Solo la concentración de los radionucleidos marcadores (isótopos)  $^{131}\text{I}$  y  $^{137}\text{Cs}$  debe medirse cuando se decide que se restrinja el consumo de alimentos. Por ejemplo, cuando se muestra en el gráfico una concentración de  $^{137}\text{Cs}$  en los alimentos, el agua o la leche, no solo se consideran las dosis de  $^{137}\text{Cs}$ , sino también las dosis de otros radionucleidos que previsiblemente estén presentes (por ejemplo,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{140}\text{Ba}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ). Se

supone que estos radionucleidos marcadores ( $^{131}\text{I}$  y  $^{137}\text{Cs}$ ) tengan una concentración proporcional a las de otros radionucleidos emitidos que se consideran contribuyentes importantes a la dosis.

Los valores NIO7 por defecto se establecen para los criterios genéricos de una dosis efectiva de 10 mSv/a que equivale a 1/10 de los criterios genéricos consignados en la ref. [1]. Esto se hace para impedir que las personas que no sean realojadas reciban una dosis total (incluida la dosis por ingestión) mayor que los criterios genéricos de 100 mSv por año [1] y para que la dosis equivalente en la tiroides ( $H_{\text{tiroides}}$ ) y el feto ( $H_{\text{feto}}$ )<sup>61</sup> sea inferior a los criterios genéricos enunciados en la ref. [1].

Los valores NIO7 se calcularon aplicando supuestos muy conservadores y para los miembros del público más sensibles a la radiación (por ejemplo, niños y mujeres embarazadas). Se supuso que: a) todos los alimentos, la leche y el agua consumidos están contaminados, b) los alimentos, la leche y el agua se consumen durante un período de un año, y c) no se registra ninguna reducción debida al procesamiento o la preparación. Sin embargo, se tuvo en cuenta la reducción debida al decaimiento; por tanto, para los radionucleidos con un período corto de semidesintegración (por ejemplo, el I-131), la mayor parte de la dosis por ingestión después de una emisión desde el núcleo de un reactor se recibe en los primeros meses.

Los valores NIO se seleccionaron para garantizar que fueran conservadores en relación con las posibles mezclas de radionucleidos emitidos desde el núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor. Esto se ilustra en las figuras 36 y 37 con la zona sombreada que muestra el margen de valores NIO7 calculado para distintas mezclas de radionucleidos que pueden emitirse en momentos diferentes después de la parada. La línea punteada muestra los valores NIO7 por defecto para los radionucleidos marcadores  $^{131}\text{I}$  y  $^{137}\text{Cs}$  consignados en el cuadro 9. El valor NIO7 por defecto para el  $^{131}\text{I}$  es ligeramente inferior a los valores calculados para los primeros 10 días después de los cuales los valores calculados para el  $^{131}\text{I}$  caen drásticamente y el valor NIO7 por defecto para el  $^{137}\text{Cs}$  se hace conservador. Las variaciones drásticas de los valores NIO7 para el  $^{131}\text{I}$  y el  $^{137}\text{Cs}$  indican la necesidad de evaluar ambos NIO.

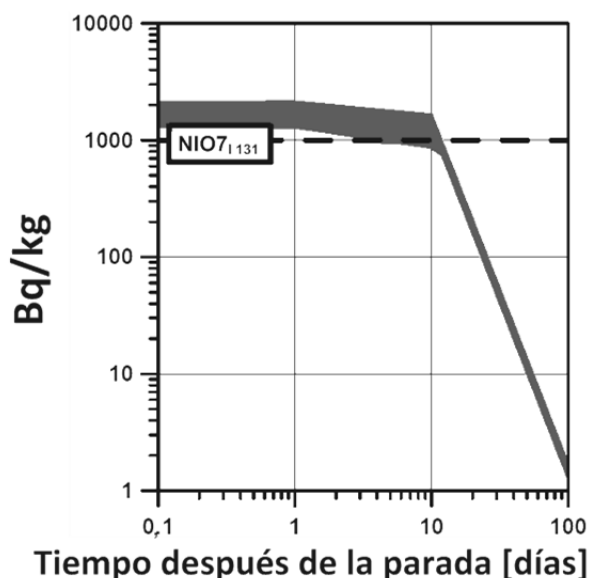


Fig. 36. Base para la selección del NIO7 por defecto para el  $^{131}\text{I}$ . La zona gris muestra la concentración del radionucleido marcador  $^{131}\text{I}$  que cumple los criterios genéricos para establecer el NIO7. La línea punteada muestra el NIO7 por defecto seleccionado para la concentración del radionucleido marcador  $^{131}\text{I}$ .

<sup>61</sup> Con respecto a la gama de radionucleidos presentes después de una emisión desde el núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor, la dosis equivalente calculada en sievert (Sv) en la tiroides ( $H_{\text{tiroides}}$ ) y en el feto podría superar más de diez veces la dosis efectiva calculada en sievert (Sv).

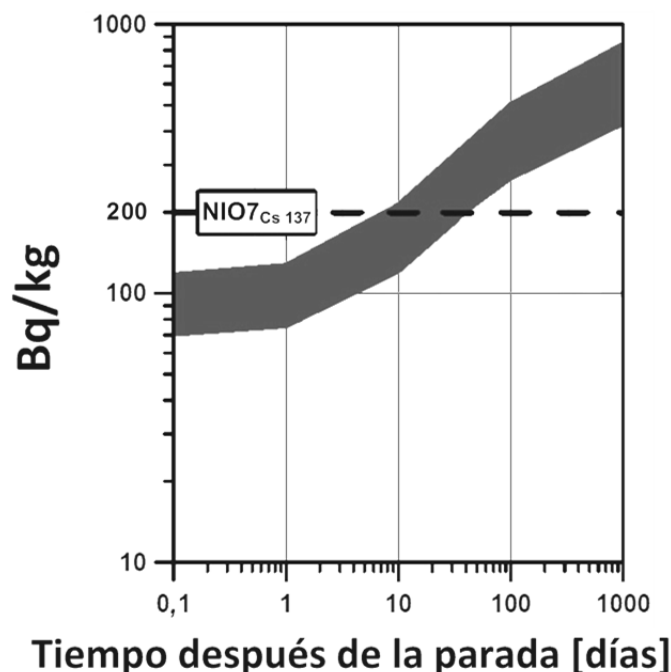


Fig. 37. Base para la selección del NIO7 por defecto para el  $^{137}\text{Cs}$ . La zona gris muestra la concentración del radionucleido marcador  $^{137}\text{Cs}$  que cumple los criterios genéricos para establecer el NIO7. La línea punteada muestra el NIO7 por defecto para la concentración del radionucleido marcador  $^{137}\text{Cs}$ .

## II.2.5. Descripción del NIO8

El valor mínimo NIO8 fue establecido en  $0,5 \mu\text{Sv/h}$  porque se considera que es la tasa de dosis mínima que podría medirse en la tiroides en condiciones de emergencia. Esta tasa de dosis es indicativa de una dosis equivalente en la tiroides ( $H_{\text{tiroides}}$ ) de 100 a 200 mSv para todos los grupos de edades, que incluyen los niños y el feto, ya que la dosis equivalente en la tiroides de la mujer embarazada es aproximadamente igual a la dosis equivalente en la tiroides fetal [45]. Estos criterios de selección pueden utilizarse para determinar en quiénes se justifican otras evaluaciones médicas. Por debajo de estos valores NIO no se justifica otra evaluación médica de conformidad con los criterios genéricos [1].

Estos valores se establecieron después de tener en cuenta la respuesta de la diversidad de instrumentos que cabría esperar que se utilizaran durante una emergencia. La relación real de la dosis con la tiroides y la respuesta del monitor de dosis dependerán de muchos factores como el tamaño y posición de la sonda, las tasas de dosis de fondo y el momento en que se realizó la monitorización. Por consiguiente, es preciso que en el formulario de registro (véase el apéndice IV) se inscriba el monitor de dosis utilizado, cuándo se realizó la monitorización, la posición de la sonda (geometría de medición) y la tasa de dosis de fondo.



### APÉNDICE III

## SISTEMA PARA SITUAR EN PERSPECTIVA EL PELIGRO RADIOLÓGICO PARA LA SALUD

Este apéndice proporciona la base para el sistema destinado a situar en perspectiva el peligro para la salud (véanse los gráficos de la sección 7).

#### III.1. NIVELES

Los posibles peligros para la salud de una situación de exposición en particular se sitúan en perspectiva aplicando un sistema de cuatro niveles codificados en colores (véanse la figura 14 y el cuadro 11):

- **Posiblemente peligroso para la salud (rojo):** Existe la posibilidad de que se produzcan efectos radioinducidos en la salud que causen la muerte o lesiones permanentes que mermen la calidad de vida (efectos deterministas graves). En este nivel también existe la pequeña posibilidad de que se produzca un aumento observable de la incidencia de cáncer debido a casos de efectos radioinducidos si hay más de algunos cientos de personas expuestas.
- **Preocupaciones por la salud (naranja):** El peligro para la salud es muy reducido. Sin embargo, existe la posibilidad de que las dosis rebasen los criterios internacionales [1, 2] que exigen la adopción de medidas protectoras y otras medidas de respuesta, incluido el cribado, a fin de evaluar más a fondo: a) el posible riesgo reducido para las mujeres embarazadas (feto), y b) el pequeño aumento posible del riesgo de cánceres radioinducidos.
- **Provisionalmente seguro (amarillo):** Es seguro para todos los miembros del público, incluidos los más sensibles (por ejemplo, niños y mujeres embarazadas) y no existen peligros para la salud debidos a la exposición a la radiación si se cumplen las limitaciones especificadas, como permanecer en la zona durante un intervalo de tiempo limitado o tomar las medidas protectoras especificadas (por ejemplo, reducir la gestión de material radiactivo).
- **Seguro (verde):** Este nivel cumple las normas internacionales [1, 2] y, por tanto, es seguro para todos los miembros del público, incluidos los más sensibles (por ejemplo, niños y mujeres embarazadas), ya que las dosis para las condiciones especificadas y el comportamiento del público son inferiores a los criterios genéricos [1, 2] que justifican medidas protectoras y otras medidas de respuesta para minimizar los efectos deterministas graves o reducir el riesgo de efectos estocásticos. Por debajo de este nivel no se producirán efectos deterministas graves ni un incremento observable de la incidencia del cáncer, incluso en un grupo expuesto muy numeroso. Además, el riesgo de cánceres radioinducidos es demasiado bajo para que se justifique adoptar medidas, como por ejemplo, un cribado [1, 2].

Es importante señalar que cuando se indican en los gráficos posibles efectos radioinducidos en la salud del feto solo existe una probabilidad muy reducida de que en realidad se produzca ese tipo de efectos desfavorables. Los efectos radioinducidos en la salud del feto dependen de muchos factores, como su etapa de desarrollo, que solo pueden ser evaluados por los expertos en diagnóstico, tratamiento y gestión de los efectos de la exposición a la radiación. La interrupción de un embarazo no se justifica, aun cuando en el gráfico se indique la posibilidad de efectos radioinducidos en la salud del feto, sin el debido examen médico y el asesoramiento de un especialista con experiencia en el tratamiento de sobreexposiciones [46]. Otros, como los médicos locales, no suelen poseer los conocimientos especializados necesarios para realizar evaluaciones de este género.

#### III.2. BASE DOSIMÉTRICA

El cuadro 25 presenta la base dosimétrica para establecer los niveles de peligro para la salud examinados en la sección III.1.

CUADRO 25. CRITERIOS DOSIMÉTRICOS APLICADOS PARA DEFINIR LOS NIVELES DE PELIGRO PARA LA SALUD DE UNA EMISIÓN PROCEDENTE DEL NÚCLEO O LA PISCINA DE COMBUSTIBLE GASTADO DE UN REACTOR

Nivel de peligro para la salud	Criterio	Fuente	Observaciones
Posiblemente peligroso para la salud (rojo) Posibilidad de efectos deterministas graves	<b>Exposición externa</b>		
	$A_{\text{médula roja}}$ 1 Gy	Ref. [1] cuadro 2	El mantenimiento de la dosis por debajo de este criterio asegurará que la exposición externa del cuerpo entero no origine efectos deterministas graves (por ejemplo, supresión permanente de la ovulación o supresión permanente del recuento espermático), salvo para el feto, que se considera por separado [24].
	$DA_{\text{feto}}$ 1 Gy	Ref. [46]	Para el nivel “posiblemente peligroso para la salud” se empleó el criterio de 1 Gy porque este entraña una probabilidad importante de retraso mental grave en el feto [46]. Se utilizó un valor de dosis más alto que los criterios genéricos enunciados en el cuadro 2 de la ref. [1] para el feto porque a) en los criterios genéricos indicados en el cuadro 2 de la ref. [1] solo habría una muy pequeña probabilidad de que se produjeran efectos deterministas graves en el feto y solo durante ciertas fases del desarrollo fetal (entre 8 y 15 semanas de edad de gestación) y b) solo se han observado efectos deterministas graves en los criterios genéricos indicados en el cuadro 2 de la ref. [1] en tasas de dosis altas, por lo que es probable que los niveles umbral sean más altos por las tasas de dosis más bajas que se producen fuera del emplazamiento después de una emisión [46].
	<b>Exposición interna</b>		
	$DA_{\text{tiroides}}$ 2 Gy	Ref. [1] cuadro 2	–
Preocupaciones por la salud (naranja) Poca probabilidad de efectos para la salud	<b>Dosis total de todas las vías posibles de exposición</b>		
	$DA_{\text{médula roja}}$ 100 mGy	Ref. [1] cuadro 3	En la exposición externa esta $DA_{\text{médula roja}}$ es numéricamente igual que la dosis efectiva (E) consignada en el cuadro 3 de la ref. [1].
	$H_{\text{feto}}$ 100 mSv	Ref. [1] cuadro 3	–
	$H_{\text{tiroides}}$ 100 mSv		Los criterios genéricos incluidos en el cuadro 3 de la ref. [1] no se utilizaron porque se refieren a la necesidad de aplicar el agente bloqueador de la tiroides y no a la dosis que justifica un seguimiento médico. En cambio, se utilizan 100 mSv porque se supone que la dosis equivalente en el feto ( $H_{\text{feto}}$ ) supera en un factor de dos la dosis equivalente en la tiroides de la mujer embarazada ( $H_{\text{tiroides}}$ ) [45].
	<b>Ingestión solamente</b>		
	$E_{\text{ing}}$ 10 mSv	Ref. [1] párr. II.22	10 mSv/a de dosis efectiva que equivale a 1/10 de los criterios genéricos consignados en la ref. [1]. Se utiliza esta dosis para garantizar que las personas que no hayan sido realojadas no reciban una dosis total (incluida la dosis por ingestión) mayor que los criterios genéricos de 100 mSv por año [1] y que la dosis equivalente en la tiroides ( $H_{\text{tiroides}}$ ) y el feto ( $H_{\text{feto}}$ ) <sup>62</sup> sea menor que los criterios genéricos mencionados en la ref. [1].

<sup>62</sup> En la gama de radionucleidos presentes después de una emisión del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor, la dosis equivalente calculada en sievert (Sv) en la tiroides ( $H_{\text{tiroides}}$ ) y el feto podría superar más de diez veces la dosis efectiva calculada en sievert (Sv).

### III.2.1 Posiblemente peligroso para la salud (rojo)

La dosis absorbida ponderada por la EBR en un órgano o tejido ( $DA_T$ ) se emplea para especificar los niveles umbral de los efectos deterministas graves [24]. La dosis ponderada por la EBR en un órgano o tejido se define como el producto de la dosis absorbida media de radiación (R) en un órgano o tejido (T) y la eficacia biológica relativa ( $EBR_{R,T}$ ). Los valores de dosis asignados al nivel “posiblemente peligroso para la salud” se basan en los criterios genéricos enunciados en las refs. [1, 2] excepto cuando se señala lo contrario y a niveles en que se prevén efectos deterministas graves en el 5 % de las personas expuestas ( $DA_{05}$ ) [24].

En el cuadro 25 se enumeran los valores de dosis que indican el nivel “posiblemente peligroso para la salud”, en dosis absorbida ponderada por la EBR en los órganos o tejidos que son fundamentales en el caso de una emisión procedente del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor. Manteniendo las dosis por debajo de los criterios mencionados se evitarán efectos deterministas graves, salvo para el feto (según la etapa de desarrollo) en el cual hay una pequeña probabilidad de que estos se produzcan, como ya se indicó en el cuadro 25. Si los criterios del nivel “posiblemente peligroso para la salud” se rebasan, se justifica un examen y consulta médicos inmediatos, y el tratamiento médico indicado para la gestión de los efectos deterministas graves.

Cabe señalar que los umbrales de los efectos deterministas graves que figuran en el cuadro 25 se basaron en umbrales para exposiciones breves a tasas de dosis altas. Los umbrales probablemente sean más altos en una emergencia relacionada con el núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor debido a las tasas de dosis más bajas que se producirán fuera del emplazamiento después de una emisión, como se ilustra en la figura 38 [47].

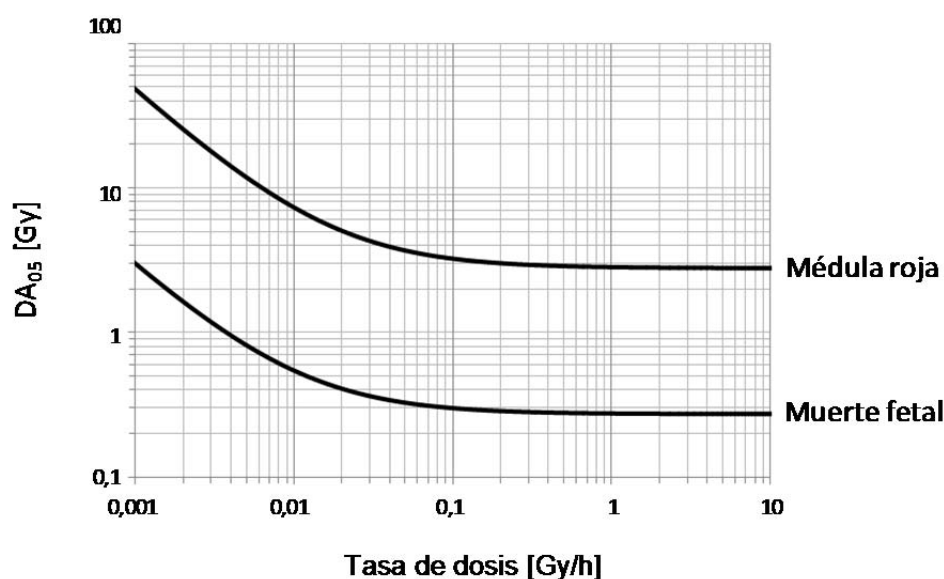


Fig. 38. Dosis umbral ( $DA_{05}$ ) de exposición externa letal en la médula roja letales y de exposición externa letal en el feto en función de la tasa de dosis.

### III.2.2 Preocupaciones por la salud (naranja)

Los valores de dosis que indican “preocupaciones por la salud” en el cuadro 25 son iguales o superiores a los de las normas internacionales (criterios genéricos) mencionadas en el cuadro 3 de la ref. [1], salvo cuando se indique lo contrario, en que se justifican medidas protectoras u otras medidas de respuesta.

Por debajo de estas dosis el incremento de la tasa de incidencia de cáncer debido a casos de efectos radioinducidos es incierto y no será detectable [22, 23, 24, 48]. Además, el riesgo de cánceres radioinducidos por dosis inferiores a los criterios es demasiado reducido para justificar la adopción de medidas, como por ejemplo, un cribado [1, 2]. Los criterios se establecieron para las exposiciones a

tasas de dosis altas. En las tasas de dosis más bajas que se produzcan fuera del emplazamiento tras una emisión del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor, el nivel comparable de riesgo de cáncer radioinducido probablemente se presentaría a una dosis dos veces superior o más [36].

En el cuadro 25 se expone un criterio para la dosis efectiva (E). Sin embargo, la dosis efectiva no tiene en cuenta los órganos específicos y no puede utilizarse como base para estimar los posibles efectos en la salud de la exposición a la radiación [36] de una persona. Si se utiliza solamente la dosis efectiva para evaluar el riesgo de efectos radioinducidos en la salud, se puede subestimar considerablemente el posible riesgo para la tiroides de una persona o el feto. Por lo tanto, el hecho de que no se rebase el criterio de dosis efectiva consignado en el cuadro 25 no significa que ello sea seguro. Solo puede considerarse seguro si la dosis absorbida ponderada por la EBR en la médula roja ( $DA_{\text{médula roja}}$ ), la dosis equivalente en la tiroides ( $H_{\text{tiroides}}$ ) y la dosis equivalente en el feto ( $H_{\text{feto}}$ ) son también inferiores a los criterios.

### III.2.3 Provisionalmente seguro (amarillo) y seguro (verde)

Por “seguro” se entiende que ninguno de los criterios internacionales señalados en las refs. [1, 2] requiere medidas protectoras u otras medidas de respuesta para minimizar los efectos deterministas graves o reducir el riesgo de efectos estocásticos. Ello significa que no puede excederse ninguno de los criterios dosimétricos relativos a las “preocupaciones por la salud” y los niveles “posiblemente peligrosos para la salud” en lo que se refiere a las condiciones especificadas y el comportamiento del público.

Por “seguro” también se entiende, como se indica en la ref. [1], que todos los miembros del público, incluso quienes son más sensibles a la exposición a la radiación como los niños y mujeres embarazadas (feto): a) no reciben una dosis en ningún órgano que se aproxime a la que origina efectos deterministas graves, y b) no reciben una dosis por encima de la cual el riesgo de efectos estocásticos en la salud (por ejemplo, cánceres radioinducidos) sea suficientemente alto para justificar la adopción de medidas protectoras u otras medidas de respuesta, como un cribado [1]. En este nivel no se producirán efectos deterministas graves ni un incremento observable en la incidencia de cáncer, incluso en un grupo expuesto muy numeroso [22, 23, 24]. Por otra parte, el riesgo de cánceres radioinducidos es demasiado bajo para que se justifique tomar medidas, como por ejemplo, un cribado [1]. En la ref. [24] se explica en detalle la base para estas conclusiones, que son compatibles con las que se presentan en el informe del UNSCEAR que figura en la ref. [48], en que se expone que las observaciones no pueden revelar con frecuencia pruebas claras del aumento de la incidencia de efectos radioinducidos en la salud a dosis bajas (menos de 200 mGy) o tasas de dosis bajas (menos de 0,1 mGy/h).

Por “provisionalmente seguro” se entiende que la situación es segura si se cumplen las limitaciones especificadas, como limitar la permanencia en la zona a un lapso de tiempo específico, o adoptar las medidas protectoras especificadas (por ejemplo, con el propósito de reducir la ingestión de material radiactivo).

### III.3. SISTEMA PARA SITUAR EN PERSPECTIVA LAS CANTIDADES OPERACIONALES MEDIDAS

Los gráficos 1 a 4 destinados a situar en perspectiva las cantidades operacionales medidas en función de los peligros para la salud descritos en la sección 7 (y *supra*) se basan en dosis calculadas con el empleo de los mismos métodos y supuestos que se utilizan para calcular los NIO en relación con el escenario de exposición pertinente, como se indica en el apéndice II. Para ello se aplican supuestos razonablemente conservadores como el de la “persona representativa”. La persona representativa es un concepto teórico que se define para representar las dosis más altas que se prevé razonablemente que reciba cualquier miembro del público durante una emergencia. En la mayoría de los casos no se prevé que nadie reciba una dosis cercana a la calculada para la persona representativa en relación con el escenario de exposición pertinente. Se tienen en cuenta todos los efectos radioinducidos en la salud que se prevén después de una emisión de productos de fisión desde un reactor de agua ligera o RBMK o su piscina de combustible gastado. Los efectos radioinducidos en la salud que se muestran en los gráficos tienen por objeto representar el riesgo para los miembros del público más sensibles a la radiación, como los niños y las mujeres embarazadas (feto), por lo que se considera que están protegidos todos los miembros del público.

### III.4. SISTEMA PARA SITUAR EN PERSPECTIVA LAS DOSIS CALCULADAS

El gráfico 5 de la sección 7 puede utilizarse para situar en perspectiva las dosis calculadas, siempre que se hayan calculado correctamente. El gráfico 5 se basa en las dosis señaladas en el cuadro 25; no obstante, solo deben calcularse las tres dosis que figuran en el cuadro 26 porque la dosis ponderada por la EBR para la tiroides ( $DA_{\text{tiroides}}$ ) y el feto ( $DA_{\text{feto}}$ ) incluida en el cuadro 25 puede relacionarse con las dosis equivalentes correspondientes que se examinan en el cuadro 27.

CUADRO 26. DOSIS QUE INDICAN DISTINTOS NIVELES DE PELIGROS PARA LA SALUD MENCIONADOS EN EL GRÁFICO 5

Nivel de peligro para la salud	$H_{\text{tiroides}}$	$H_{\text{feto}}$	$DA_{\text{médula roja}}$
Posiblemente peligroso para la salud	$\geq 10\,000\text{ mSv}$	$\geq 1\,000\text{ mSv}$	$\geq 1\,000\text{ mGy}$
Preocupaciones por la salud	$\geq 100\text{ mSv}$	$\geq 100\text{ mSv}$	$\geq 100\text{ mGy}^a$

<sup>a</sup> En la exposición externa esta dosis se considera numéricamente igual a la dosis equivalente de 100 mSv en el feto ( $H_{\text{feto}}$ ).

CUADRO 27. CÓMO LA DOSIS ABSORBIDA PONDERADA POR LA EBR SE RELACIONA CON LA DOSIS EQUIVALENTE EN LA TIROIDES Y EL FETO EN UNA EMISIÓN PROCEDENTE DEL NÚCLEO O LA PISCINA DE COMBUSTIBLE GASTADO DE UN REACTOR PARA INDICAR LAS DOSIS QUE SON “POSIBLEMENTE PELIGROSAS PARA LA SALUD”

Dosis absorbida ponderada por la EBR consignada en el cuadro 25	Dosis utilizada en el gráfico 5 para representar la dosis ponderada por la EBR	Explicación
$DA_{\text{tiroides}}\ 2\text{ Gy}$	$H_{\text{tiroides}}\ 10\text{ Sv}$ (10 000 mSv)	Solo se considera la incorporación de yodo radiactivo porque este radionucleido es la fuente de dosis en la tiroides más alta que recibe cualquier órgano por inhalación o ingestión después de una emisión desde el núcleo o la piscina de combustible de un reactor. Ello supone: $H_{\text{tiroides}}\text{ (Sv)} = DA_{\text{tiroides}}\text{ (Gy)} / EBR_{\text{tiroides}}$ en que $EBR_{\text{tiroides}}$ es 0,2 [24].
$DA_{\text{feto}}\ 1\text{ Gy}$	$H_{\text{feto}}\ 1\text{ Sv}$ (1000 mSv)	En una emisión desde el núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor se supone que la dosis equivalente en el feto (Sv) es numéricamente igual a la dosis absorbida ponderada por la EBR en el feto (Gy). La $DA_{\text{feto}}$ por incorporación debida a una emisión desde el núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor está dominada por la dosis en la tiroides fetal por incorporación de yodo radiactivo. Se supuso una $EBR_{\text{feto}} = 1$ al calcular la $DA_{\text{feto}}$ para la exposición interna en la tiroides fetal (y no una $EBR = 0,2$ como la especificada en la ref. [24] para calcular la $DA_{\text{tiroides}}$ en relación con la tiroides de la persona representativa). Se aplica este enfoque conservador porque no existe ningún dato sobre el umbral de los efectos deterministas graves en el feto después de la incorporación de yodo radiactivo.

La dosis efectiva no puede emplearse como base para estimar el posible riesgo para la salud debido a la exposición a la radiación y, por consiguiente, el gráfico 6 se remite al gráfico 5 con el fin de situar en perspectiva las dosis calculadas atendiendo al peligro para la salud [36]. Una dosis efectiva por debajo de 100 mSv probablemente no sea segura. Hay que evaluar siempre la dosis equivalente en la tiroides, la dosis equivalente en el feto y la dosis absorbida ponderada por la EBR en la médula roja para determinar el peligro para la salud tras una emisión procedente del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor.



## APÉNDICE IV FORMULARIO DE REGISTRO

Conserve este formulario hasta que se le pida. Un funcionario lo recogerá antes de su salida.

<b>INFORMACIÓN DE CONTACTO</b>	<p>Encuestado: <input type="checkbox"/> La propia persona <input type="checkbox"/> Un representante (indíquese relación) _____</p> <p>Nombre: _____ Fecha: _____ Hora: _____</p> <p>Fecha de nacimiento: _____ (día)/_____ (mes)/_____ (año)      Sexo: <input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Femenino</p> <p>Si es un niño, indíquense los nombres de los padres o el tutor: _____</p> <p>Nacionalidad: _____ Lugar de nacimiento: _____</p> <p>Dirección actual: _____</p> <p>Dirección del lugar de trabajo/enseñanza: _____</p> <p>Teléfono fijo: _____ Teléfono móvil: _____ Correo electrónico: _____</p> <p>Nombre y número de teléfono/correo electrónico de un amigo o familiar que sabrá cómo localizarle: _____</p> <p>Nueva dirección prevista (si procede): _____</p> <p>Fecha prevista de traslado: _____ (día)/_____ (mes)/_____ (año)</p>
<b>DETALLES PARA LA EVALUACIÓN DE LA DOSIS</b>	<p>Miembro de: <input type="checkbox"/> Público <input type="checkbox"/> Grupo de emergencia <input type="checkbox"/> Otros (especifíquense) _____</p> <p>¿Posiblemente embarazada? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No      ¿Tomó el agente bloqueador de la tiroides? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p> <p>Lesiones u otras preocupaciones médicas: _____</p> <p>Consumo de productos locales <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Campo <input type="checkbox"/> Invernadero <input type="checkbox"/> Se desconoce</p> <p>Tipo: _____</p> <p>Consumo de leche de animales que pastan en la zona <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p> <p>Cantidad consumida: _____ Especifíquese el animal: _____</p> <p>Fuente de agua potable: <input type="checkbox"/> Agua corriente (red hídrica privada) <input type="checkbox"/> Agua de lluvia recogida <input type="checkbox"/> Pozos</p> <p>Tipo de construcción del lugar de residencia: <input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Edificio grande</p> <p>Tipo de construcción: <input type="checkbox"/> Hormigón <input type="checkbox"/> Madera/acero <input type="checkbox"/> Otros (especifíquense) _____</p> <p>Lugar de empleo/enseñanza: <input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Edificio grande</p> <p>Tipo de construcción: <input type="checkbox"/> Hormigón <input type="checkbox"/> Madera/acero <input type="checkbox"/> Otros (especifíquense) _____</p> <p>Lugares y actividades durante la emergencia: _____</p> <p>Observaciones: _____</p>
<b>DEBE RELLENARSE POR EL PERSONAL ENCARGADO DE LA RESPUESTA</b>	<p>¿Se monitorizó la dosis en las manos y cara? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No      ¿Se rebasó el NIO4? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p> <p>Tasa de dosis en la cara y las manos _____ <math>\mu\text{S/h}</math>      Hora y fecha de la medición: _____</p> <p>Tasa de dosis de fondo _____ <math>\mu\text{S/h}</math></p> <p>¿Se monitorizó la dosis en la tiroides? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No      ¿Se rebasó el NIO8? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p> <p>Tasa de dosis en la tiroides en contacto con la piel _____ <math>\mu\text{S/h}</math></p> <p>Hora y fecha de la medición: _____</p> <p>Tasa de dosis de fondo: _____ <math>\mu\text{S/h}</math>      Tipo de monitor utilizado: _____</p> <p>¿Fue descontaminada la persona? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No      ¿Necesita examen médico? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p> <p>¿Necesita seguimiento médico? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p> <p>Observaciones: _____ Firma: _____</p>





## APÉNDICE V

### PREGUNTAS Y PREOCUPACIONES TÍPICAS DEL PÚBLICO EN UN ACCIDENTE NUCLEAR O EMERGENCIA RADIOLÓGICA

Las preguntas y preocupaciones típicas del público que se indican a continuación fueron tomadas de noticias publicadas. Es probable que las preguntas y preocupaciones no sean científicamente exactas o bien fundamentadas.

Cuestión:	Pregunta / Preocupación:
<b>Seguridad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Está segura mi familia?</li> <li>• ¿Qué puedo hacer ahora para garantizar la seguridad de mi familia?</li> <li>• ¿Qué es la contaminación? ¿Es peligrosa?</li> <li>• ¿Debería comprar y portar un dosímetro?</li> <li>• ¿Qué cantidad es segura en una exposición a la radiación? ¿Cuándo me enfermaré a causa de la radiación?</li> <li>• ¿Por qué se ha modificado el límite de seguridad anual de 1 mSv/año a 100mSv/año?</li> <li>• ¿Pueden jugar afuera los niños?</li> <li>• ¿Debería tomar medidas para descontaminar mi casa (como eliminar toda la capa vegetal de mi jardín)?</li> <li>• ¿Qué significan niveles de radiación veinte veces superiores a los normales?</li> </ul>
<b>Efectos en la salud</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuáles podrían ser las consecuencias para mi salud?</li> <li>• ¿Qué dosis puedo haber recibido y qué significa esto para mi salud?</li> <li>• ¿Deben verificarse mis niveles de radiación interna? ¿Qué significan las mediciones y los resultados de las pruebas?</li> <li>• Fui objeto de monitorización y se encontró contaminación. ¿Estoy bien?</li> <li>• ¿Qué sucede cuando quedo expuesto a la radiación? ¿Cuáles son los posibles efectos en la salud?</li> <li>• Estoy embarazada. ¿Cuáles son los peligros para mi bebé? ¿Tendrá defectos de nacimiento mi bebé? ¿Debería abortar?</li> <li>• ¿Puedo amamantar a mi bebé?</li> <li>• ¿Puede _____ proteger contra la exposición a la radiación?</li> <li>• ¿Debería tomar pastillas de yoduro de potasio (KI)?</li> <li>• ¿Debería utilizar otras formas de yodo para protegerme contra la exposición a la radiación?</li> </ul>

<b>Contaminación de productos locales, leche y agua</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Puedo beber leche o agua corriente? ¿Debería utilizar agua embotellada?</li> <li>• ¿Puedo comer los alimentos? ¿Dónde se cultivaron los alimentos que estoy comprando?</li> <li>• ¿Debería utilizar un contador Geiger para comprobar los niveles de radiación de los productos locales que compro?</li> <li>• ¿Por qué algunos supermercados están restringiendo niveles de contaminación aceptables de productos locales más allá del límite fijado por el gobierno?</li> </ul>
<b>Evacuación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Durante cuánto tiempo se mantendrá la evacuación y cuándo se me permitirá volver a mi casa?</li> <li>• Las orientaciones son contradictorias en la zona de evacuación. ¿Qué orientaciones debería seguir?</li> <li>• ¿Por qué es seguro mantenerse fuera de las zonas de evacuación en una emergencia?</li> <li>• ¿Qué son los puntos activos?</li> <li>• Soy una persona de edad y he vivido aquí toda mi vida. La posibilidad de quedar expuesto o contaminado no me preocupa. No deseo ser evacuado.</li> <li>• No deseo acogerme a beneficios de desempleo si soy evacuado. ¿Dónde puedo encontrar empleo?</li> <li>• Debo evacuar la zona pero la empresa de mudanzas se niega a entrar en la zona afectada. ¿Cómo puedo transportar mis pertenencias?</li> <li>• ¿Qué debería hacer con mis animales (animales de granja, mascotas)?</li> </ul>
<b>Estigmatización</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mi hijo sufre acoso escolar porque venimos de la zona afectada. ¿Qué debería hacer?</li> <li>• No se permite que mi automóvil entre en la gasolinera porque su número de matrícula proviene de la zona afectada. ¿Qué debería hacer?</li> <li>• Los supermercados no venderán ni los consumidores comprarán mis productos porque provienen de la zona afectada. ¿Qué debería hacer?</li> </ul>

## REFERENCIAS

- [1] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, OFICINA DE COORDINACIÓN DE ASUNTOS HUMANITARIOS DE LAS NACIONES UNIDAS, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, *Criterios aplicables a la preparación y respuesta a situaciones de emergencia nuclear o radiológica, Colección de Normas de Seguridad del OIEA*, N° GSG-2, OIEA, Viena (2013).
- [2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad – Edición provisional, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° GSR Part 3 (Interim), OIEA, Viena (2011).
- [3] NUCLEAR EMERGENCY RESPONSE HEADQUARTERS OF THE GOVERNMENT OF JAPAN, Report of Japanese Government to IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety - Accident at TEPCO's Fukushima Nuclear Power Stations, Transmitted by Permanent Mission of Japan to IAEA, June (2011).
- [4] NUCLEAR EMERGENCY RESPONSE HEADQUARTERS OF THE GOVERNMENT OF JAPAN, Additional Report of the Japanese Government to the IAEA, The Accident at TEPCO's Fukushima Nuclear Power Stations (second report), September, (2011).
- [5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Manual de Operaciones para la Comunicación de Incidentes y Emergencias*, EPR-IEComm 2012, OIEA, Viena (2012).
- [6] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Método para elaborar disposiciones de respuesta a emergencias nucleares o radiológicas*, EPR-METHOD 2003, OIEA, Viena (2009).
- [7] TOKYO ELECTRICAL POWER COMPANY, Press release on the Estimated Amount of Radioactive Materials Released into the Air and the Ocean Caused by Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident Due to the Tohoku-Chihou-Taiheiyou-Okai Earthquake, (as of May 2012), (2012).
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The International Chernobyl Project Technical Report, IAEA, Vienna (1991).
- [9] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, OFICINA DE COORDINACIÓN DE ASUNTOS HUMANITARIOS DE LAS NACIONES UNIDAS, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, *Preparación y respuesta a situaciones de emergencia nuclear o radiológica, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° GS-R-2, OIEA, Viena (2004).
- [10] THE NATIONAL DIET OF JAPAN FUKUSHIMA NUCLEAR ACCIDENT INDEPENDENT INVESTIGATION COMMISSION, The official report of The Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission, Executive summary, The National Diet of Japan, Tokyo (2012). [http://naiic.go.jp/wp-content/uploads/2012/07/NAIIC\\_report\\_lo\\_res.pdf](http://naiic.go.jp/wp-content/uploads/2012/07/NAIIC_report_lo_res.pdf).

- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Generic Procedures for Determining Protective Actions during a Reactor Accident, IAEA-TECDOC-955, IAEA, Vienna (1997).
- [12] IL'IN, L.A., ARKHANGEL'SKAYA G.V., KONSTANINOV Y.O., Radioactive iodine in the problem of radiation safety, Atomizad, Moscow (1972) (in Russian) [English translation: US Atomic Energy Commission, Translation series, AEC-tr-7536].
- [13] WORLD HEALTH ORGANIZATION, [http://www.who.int/ionizing\\_radiation/pub\\_meet/tech\\_briefings/potassium\\_iodide/en](http://www.who.int/ionizing_radiation/pub_meet/tech_briefings/potassium_iodide/en).
- [14] ALDRICH D. et al; Examination of the off-site radiological emergency measures for nuclear reactor accidents involving core melt. Sandia laboratories, SAND78-045 (1978).
- [15] U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Pilot Program: NRC Severe Reactor Accident Incident Response Training Manual, NUREG-1210 Washington, DC (1987).
- [16] U.S. Nuclear Regulatory Commission, Review of NUREG-0654, Supplement 3 "Criteria for protective actions recommendations for severe accidents, Sandia National Laboratories, NUREG/CR-6953, Vol. 3 (2010).
- [17] U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Identification and Analysis of Factors Affecting Emergency Evacuations, Appendices, Sandia National Laboratories, NUREG/CR-6864, Vol. 3, SAND 2004-5901 (2007).
- [18] Tanigawa W, Hosoi Y, Hirohashi N, Iwaski Y, Kamiya K. Loss of life after evacuation: lessons learned from the Fukushima accident. *The Lancet* 379(9819):889-891; 2012.
- [19] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, OFICINA DE COORDINACIÓN DE ASUNTOS HUMANITARIOS DE LAS NACIONES UNIDAS, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, *Disposiciones de preparación para emergencias nucleares o radiológicas, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° GS-G-2.1, OIEA, Viena (2010).
- [20] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *El accidente radiológico de Goiânia*, OIEA, Viena (1989).
- [21] VANO, E., OHNO, K., COUSINS, C., NIWA, O. and BOICE, J., Radiation risks and radiation protection training for healthcare professionals: ICRP and the Fukushima experience, *J. Radiol. Prot.* 31, 285, (2011).
- [22] GONZALES A.J., The radiation health consequences of Chernobyl: the dilemma of causation. Symposium on Nuclear Accident. In: Nuclear accidents; Liabilities and guarantees: Proceedings of Helsinki symposium, 31 August – 3 September 1992, OECD Nuclear Energy Agency, (1993).
- [23] LIBMANN J., Elements of nuclear safety, IPSN, Paris (1996).
- [24] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Development of an Extended Framework for Emergency Response Criteria: Interim Report for Comments, Technical Document Series No. 1432, IAEA, Vienna (2005).
- [25] BUGLOVA E., KENIGSBERG J., MCKENNA T., Reactor accidents and thyroid cancer risk: Use of the Chernobyl experience for emergency response. Proceedings of the International Symposium on Radiation and Thyroid Cancer. Eds. G.Thomas, A.Karaoglou, E.D.Williams. World Scientific, 449-453 (1999).
- [26] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, OFFICE FOR THE COORDINATION OF HUMANITARIAN AFFAIRS, UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, UNITED NATIONS DEVELOPMENT

- PROGRAMME, UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, WORLD BANK (THE CHERNOBYL FORUM 2003-2005), Chernobyl's Legacy: Health, Environmental and Socio-Economic Impacts and Recommendations to the Governments of Belarus, the Russian Federation and Ukraine, Second revised version, IAEA/PI/A.87 Rev.2 / 06-09181, Vienna (2006).
- [27] UNITED NATIONS, Sources and Effects of Ionizing Radiation, Vol. I Sources, Vol. II Effects, Report to the General Assembly (with scientific annexes), United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), UN, New York (2000).
  - [28] UNITED NATIONS, Sources and Effects of Ionizing Radiation, Report to the General Assembly (with scientific annexes), United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR 2008), Volume II, Scientific Annexes C, D and E , New York (2011).
  - [29] UNITED NATIONS, <http://www.unscear.org/unscear/en/chernobyl.html>
  - [30] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, WORLD HEALTH ORGANIZATION, Generic Procedures for Medical Response during a Nuclear or Radiological Emergency, EPR-MEDICAL, IAEA, Vienna (2005).
  - [31] PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS, COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS, Norma General del Codex para los Contaminantes y las Toxinas Presentes en los Alimentos y Piensos, Lista 1 - Radionucleidos, CODEX STAN 193-995, CCA, Roma (2010).
  - [32] MCKENNA, T., BUGLOVA, E., KUTKOV, V., Lessons Learned from Chernobyl and Other Emergencies: Establishing International Requirements and Guidance, Health Physics, Volume 93, 5, p. 527-537 (2007).
  - [33] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Glosario de Seguridad Tecnológica del OIEA: Terminología empleada en seguridad tecnológica nuclear y protección radiológica, Edición de 2007, OIEA, Viena (2008).
  - [34] MINISTRY OF EDUCATION, CULTURE, SPORTS, SCIENCE, AND TECHNOLOGY OF THE GOVERNMENT OF JAPAN, from <http://ramap.jaea.go.jp/map/>. Retrieved 5th June 2012.
  - [35] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Comunicación con el público en caso de emergencia nuclear o radiológica*, EPR-Public Communications 2012, OIEA, Viena (2013).
  - [36] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica, traducción de la Publicación ICRP-103, editada por la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) con la autorización de la ICRP, Senda Editorial S.A., Madrid (2008).
  - [37] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, COMITÉ TÉCNICO INTERNACIONAL DE PREVENCIÓN Y EXTINCIÓN DEL FUEGO (CTIF), ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, *Manual para Primeros Actuantes ante Emergencias Radiológicas*, PRE-PRIMEROS ACTUANTES, OIEA, Viena (2007).
  - [38] LIKHTARIOV I et al., Estimation of the thyroid doses for Ukrainian children exposed in utero after the Chernobyl accident, Health Physics, Volume 100, 6, p. 583-593 (2011).
  - [39] US NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Severe Accident Risks: An Assessment for Five U.S. Nuclear Power Plants, NUREG-1150, USNRC, Washington, DC (1990).

- [40] US NUCLEAR REGULATORY COMMISSION. State-of-the-Art Reactor Consequence Analysis (SOARCA) Report. NUREG-1935 Draft for Comment USNRC, Washington, DC (2012).
- [41] US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, D.B. Turner, Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates. Office of Air Programs Publication No AP-26. U.S. EPA, Washington, DC (1969).
- [42] Burson E. G. Structure Shielding from Cloud and Fallout Gamma-Ray Sources for Assessing the Consequences of Reactor Accident, EGG-1183-1670 (1975).
- [43] Kimura M., Takahara S., Homma T., Evaluation of the precautionary action zone using a probabilistic consequence analysis, Journal of Nuclear Science and Technology, 50:3, 296-303 (2013).
- [44] US NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Technical Study of Spent Fuel Pool Accident Risk at Decommissioning Nuclear Power Plants, NUREG-1738, USNRC, Washington, DC (2001).
- [45] LIKHTARIOV I et al., Estimation of the thyroid doses for Ukrainian children exposed in utero after the Chernobyl accident, Health Physics, Volume 100, 6, p. 583-593 (2011).
- [46] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, *Embarazo e irradiación médica*, Publicación ICRP-84, traducida por la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) y la Sociedad Argentina de Radioprotección (SAR) con autorización de la ICRP (2002).
- [47] KUTKOV V., BUGLOVA E., MCKENNA T., Severe deterministic effects of external exposure and intake of radioactive material: basis for emergency response criteria, J. Radiol. Prot. 31, 237–253, (2011).
- [48] Informe del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR 2010), Nueva York (2011).

## DEFINICIONES

*Los términos no incluidos en el Glosario de Seguridad [33] se han indicado con un \*.  
Las nuevas definiciones solo son aplicables para los fines de la presente publicación.*

**clase de emergencia.** Conjunto de situaciones que requieren una respuesta a emergencias similar e inmediata. Este es el término empleado para comunicar a las entidades de respuesta y al público el nivel de respuesta requerido. Los sucesos comprendidos en una clase de emergencia dada se definen en función de criterios específicos aplicables al establecimiento, fuente o práctica que, si se rebasan, determinan la clasificación en el nivel establecido. En cada clase de emergencia se definen de antemano las medidas iniciales de las entidades de respuesta.

**clasificación de las emergencias.** Proceso por el cual un funcionario autorizado clasifica una emergencia a fin de declarar la clase de emergencia aplicable. Tras la declaración de la clase de emergencia, las entidades de respuesta inician las medidas previamente definidas para esa clase de emergencia.

**contaminado\*.** Persona u objeto con una cantidad de material radiactivo mayor que un criterio predefinido, como un NIO, que exige una medida como el realojamiento, la descontaminación o la restricción de exportaciones.

**cribado\*.** Examen de los síntomas y de la información para determinar si se procede a un examen médico inmediato o a la inscripción en registro para un seguimiento médico.

**daño grave del combustible\*.** Daño producido en el combustible nuclear del núcleo o la piscina gastada de un reactor que entraña el fallo de más del 20 % de las agujas de combustible que contienen el combustible nuclear.

**disposiciones (de respuesta a emergencias).** Conjunto integrado de elementos de infraestructura necesarios para disponer de la capacidad para desempeñar una determinada función o tarea requerida en respuesta a una emergencia nuclear o radiológica. Estos elementos pueden incluir facultades y responsabilidades, organización, coordinación, personal, planes, procedimientos, instalaciones, equipo o capacitación.

**distancia de planificación ampliada (DPA)\*.** Distancia alrededor de una central nuclear en que se adoptan disposiciones para efectuar la monitorización inicial de la deposición con el fin de localizar puntos activos con tasas de dosis que justifican 1) la evacuación en el curso de un día después de una emisión o 2) el realojamiento en una semana a un mes después de una emisión.

**distancia de planificación aplicable a la ingestión y los productos básicos (DPIP)\*.** Distancia trazada en el perímetro de una central nuclear para la zona en que se adoptan disposiciones pocas horas después que la central nuclear notifica la declaración de una emergencia general, para que se cumpla lo siguiente: a) llevar los animales que pastan en la zona a lugares de alimentación cubiertos, b) proteger los suministros de agua potable que se alimentan directamente de agua de lluvia (por ejemplo, desconectar las tuberías de recogida de agua de lluvia), c) restringir el consumo y distribución de productos locales no esenciales, productos silvestres (por ejemplo, setas y caza), leche de animales que pastan en la zona, agua de lluvia, piensos y d) restringir la distribución de productos básicos hasta que se realicen nuevas evaluaciones.

**efecto determinista.** Efecto de la radiación en la salud para el que existe por lo general un nivel umbral de dosis por encima del cual la gravedad del efecto aumenta al elevarse la dosis. Tal efecto se describe como “efecto determinista grave” cuando causa o puede causar la muerte o cuando produce una lesión permanente que merma la calidad de vida.

**efecto determinista grave.** Efecto determinista que causa o puede causar la muerte o que produce una lesión permanente que merma la calidad de vida.

**efecto estocástico.** Efecto radioinducido en la salud cuya probabilidad aumenta en dosis de radiación más altas y cuya gravedad (si se produce) es independiente de la dosis.

**emergencia.** Situación o suceso no habitual que requiere la pronta adopción de medidas, principalmente para mitigar un peligro o sus consecuencias perjudiciales para la salud y la seguridad humanas, la calidad de vida, los bienes o el medio ambiente. Esto incluye las emergencias nucleares y radiológicas y las emergencias convencionales, como incendios, emisiones de productos químicos peligrosos, tormentas o terremotos. Se incluyen también las situaciones que exigen la pronta adopción de medidas para mitigar los efectos de un peligro percibido.

**emisión\*.** Materiales radiactivos emitidos desde el combustible dañado del núcleo o la piscina de combustible gastado de un reactor que formará un penacho fuera del emplazamiento.

**en el emplazamiento.** En la zona del emplazamiento.

**encargado de adoptar decisiones fuera del emplazamiento\*.** La persona que se encuentra fuera del emplazamiento con la autoridad y responsabilidad para aplicar, de inmediato y sin ulterior consulta, las medidas destinadas a proteger al público en la ZMP, la ZPU, la DPA y la DPIP.

**entidad de respuesta.** Entidad designada o reconocida de otra forma por un Estado como responsable de gestionar o aplicar cualquier aspecto de la respuesta a una emergencia.

**exposición.** Acto o situación de estar sometido a irradiación. La exposición puede ser externa (desde una fuente situada fuera del cuerpo) o interna (desde una fuente situada dentro del cuerpo).

**fase de emergencia.** Intervalo de tiempo que media entre la detección de las condiciones que exigen la respuesta a una emergencia y la conclusión de todas las medidas tomadas en previsión de las condiciones radiológicas que puedan producirse en los primeros meses de la emergencia, o en respuesta a ellas. Esta fase suele concluir cuando la situación está bajo control, las condiciones radiológicas fuera del emplazamiento se han caracterizado lo suficientemente bien para determinar los lugares en que es necesario aplicar medidas de restricción de alimentos y realojamiento temporal, y se han llevado a la práctica todas las medidas de este tipo.

**fuera del emplazamiento.** Fuera de la zona del emplazamiento. Más allá de la zona controlada por el explotador de la central nuclear.

**grupos especiales de población.** Miembros del público respecto de los cuales se requieren disposiciones especiales que faciliten la adopción de medidas protectoras eficaces en caso de una emergencia nuclear o radiológica. Son ejemplos las personas discapacitadas, los pacientes de hospitales y los reclusos.

**ingestión accidental\*.** Ingestión accidental de material radiactivo que se produce con más frecuencia al llevarse las manos a la boca.

**instalación especial.** Instalación respecto de la que, si se ordena la adopción de medidas protectoras urgentes, se deberán tomar medidas predeterminadas específicas en su localidad ante una emergencia nuclear o radiológica. Son ejemplos de instalaciones especiales las plantas químicas que no pueden ser evacuadas hasta que se hayan tomado ciertas medidas para evitar incendios o explosiones, y los centros de telecomunicaciones que deben dotarse del personal adecuado para mantener los servicios de telefonía.

**irradiación del suelo.** Radiación gamma procedente de los radionucleidos depositados en el suelo.

**marcador\* véase radionucleido marcador (isótopo).**

**medida protectora.** Intervención destinada a evitar o reducir las dosis en los miembros de la población en situaciones de emergencia o de exposición crónica.

**medida protectora urgente.** Medida protectora que, en caso de emergencia, debe tomarse de inmediato (normalmente en un plazo de horas) para que sea eficaz, y cuya eficacia se reduce notablemente si su aplicación se retrasa.

**medidas iniciales\*.** Medidas protectoras u otras medidas de respuesta que pueden aplicarse en el curso de unos días a un mes y seguir siendo eficaces. Las medidas protectoras iniciales y otras medidas de respuesta que suelen tenerse en cuenta en una emergencia nuclear o radiológica son el realojamiento, la restricción del consumo y la distribución de productos locales potencialmente



contaminados, productos silvestres (por ejemplo, setas y caza), leche, piensos o productos básicos, y la inscripción de las personas en un registro para que sean objeto de un cribado.

**medios de comunicación\*.** Medios de comunicación con el público, entre ellos la radio, la televisión, los sitios de Internet, los periódicos y revistas y las redes sociales.

**nivel de actuación de emergencia (NAE).** Criterio específico observable, previamente definido, utilizado para detectar, reconocer y determinar la clase de emergencia.

**nivel de intervención operacional (NIO).** Nivel calculado, medido por instrumentos o determinado mediante análisis en el laboratorio, que corresponde a un nivel de intervención o nivel de actuación. Los NIO suelen expresarse en función de las tasas de dosis o de la actividad del material radiactivo emitido, las concentraciones en el aire integradas en el tiempo, las concentraciones en el suelo o en la superficie, o las concentraciones de la actividad de los radionucleidos presentes en muestras ambientales, de alimentos o de agua. Un nivel de intervención operacional es un tipo de nivel de actuación utilizado inmediata y directamente (sin otro tipo de evaluación) para determinar las medidas protectoras apropiadas en función de una medición ambiental.

**peligroso para la salud\*.** Posibilidad de una exposición a la radiación ionizante que puede originar: 1) efectos deterministas graves o 2) un aumento a la larga de la incidencia de cáncer debida a casos de efectos radioinducidos.

**plan de emergencia.** Descripción de los objetivos, la política y los conceptos básicos de las operaciones para dar respuesta a una emergencia, así como de la estructura, las facultades y las responsabilidades inherentes a una respuesta sistemática, coordinada y eficaz. El plan de emergencia constituye la base para la elaboración de otros planes, procedimientos y listas de verificación.

**preparación para emergencias.** Capacidad para adoptar medidas que mitiguen eficazmente las consecuencias de una emergencia para la salud y seguridad humanas, la calidad de vida, los bienes y el medio ambiente.

**procedimientos de emergencia.** Conjunto de instrucciones que describen en detalle las medidas que deberá adoptar el personal de respuesta en una emergencia.

**productos locales\*.** Alimentos cultivados en espacios abiertos que pueden quedar contaminados directamente por la emisión y que se consumen en el curso de semanas (por ejemplo, verduras).

**punto activo\*.** Zona con deposición en el suelo de material radiactivo que da lugar a que se rebase un NIO u otros criterios predeterminados.

**radionucleido marcador (isótopo)\*.** El radionucleido marcador se identifica fácilmente en el terreno o laboratorio y es representativo de todos los demás radionucleidos presentes; se utiliza para determinar si se requieren medidas protectoras y otras medidas de respuesta sin tener que realizar un análisis isotópico exhaustivo.

**respuesta a emergencias.** Aplicación de medidas para mitigar las consecuencias de una emergencia para la salud y seguridad humanas, la calidad de vida, los bienes y el medio ambiente. También puede proporcionar una base para la reanudación de las actividades sociales y económicas normales.

**seguimiento médico\*.** Monitorización de la salud a largo plazo que se lleva a cabo después de una exposición potencial a la radiación con el fin de detectar y tratar eficazmente efectos radioinducidos en la salud como los cánceres de tiroides.

**servicios de emergencia.** Entidades de respuesta locales fuera del emplazamiento que generalmente están disponibles y que desempeñan funciones de respuesta a emergencias. Entre estas entidades se cuentan la policía, las brigadas de salvamento y lucha contra incendios, los servicios de ambulancia y los grupos de control de materiales peligrosos.

**sievert (Sv)\*.** Unidad del SI de la dosis equivalente y la dosis efectiva, igual a 1 J/kg. Las varias cantidades dosimétricas diferentes (por ejemplo, la dosis equivalente en un órgano o tejido, la

dosis efectiva, el equivalente de dosis ambiental, el equivalente de dosis personal) se dan en sievert y aunque la unidad es la misma, estas son cantidades diferentes que no pueden compararse.

**supervisor de turno\*.** Persona que se encarga y responsabiliza de la actuación del personal de control durante su turno de trabajo. El supervisor de turno se encarga de realizar las clasificaciones de emergencia y de transmitir la notificación fuera del emplazamiento.

**trabajador de emergencias.** Persona que cumple las funciones especificadas para un trabajador en la respuesta a una emergencia.

**vía de exposición.** Ruta por la que la radiación o los radionucleidos pueden alcanzar a los seres humanos y causar exposición.

**zona de medidas precautorias (ZMP).** Zona situada alrededor de una instalación respecto de la cual se ha dispuesto lo necesario para adoptar medidas protectoras urgentes en caso de una emergencia nuclear o radiológica a fin de reducir el riesgo de efectos deterministas graves fuera del emplazamiento. Las medidas protectoras dentro de esta zona deben tomarse antes o poco después de una emisión de materiales radiactivos o de una exposición sobre la base de las condiciones existentes en la instalación.

**zona de planificación de medidas protectoras urgentes (ZPU).** Zona situada alrededor de una instalación respecto de la cual se ha dispuesto lo necesario para adoptar medidas protectoras urgentes en caso de una emergencia nuclear o radiológica a fin de evitar dosis fuera del emplazamiento con arreglo a las normas internacionales de seguridad. Las medidas protectoras dentro de esta zona deberán adoptarse sobre la base de la monitorización radiológica del medio ambiente o, según corresponda, de las condiciones existentes en la instalación.

**zona del emplazamiento.** Área geográfica que contiene una instalación, actividad o fuente autorizadas y dentro de la cual el personal directivo de la instalación o actividad autorizadas puede adoptar directamente medidas de emergencia. Normalmente es el área comprendida dentro de la cerca del perímetro de seguridad física u otro indicador de los límites de la propiedad.

**zonas de emergencia.** Zonas de medidas precautorias y/o zonas de planificación de medidas protectoras urgentes.

## ABREVIACIONES Y SÍMBOLOS

DA <sub>T</sub>	dosis absorbida ponderada por la EBR en órganos o tejidos T
CANDU	reactor canadiense de deuterio-uranio
E	dosis efectiva
EBR	eficacia biológica relativa
ECCS	sistema de refrigeración de emergencia del núcleo
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
H <sub>T</sub>	dosis equivalente en órganos o tejidos T
ICRP	Comisión Internacional de Protección Radiológica
LOCA	accidente con pérdida de refrigerante
LWR	reactor de agua ligera
MW(e)	megavatio eléctrico
MW(t)	megavatio térmico
NAE	nivel de actuación de emergencia
NIO	nivel de intervención operacional
OIEA	Organismo Internacional de Energía Atómica
OIT	Organización Internacional del Trabajo
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PRCE	preparación y respuesta para casos de emergencia
RBMK	reactor moderado por grafito
UNSCEAR	Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas



## COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y EL EXAMEN

Buglova, E.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Callen, J.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Dodd, B.	BD Consulting (Estados Unidos de América)
Gant, K.	Laboratorio Nacional de Oak Ridge (Estados Unidos de América)
Homma, T.	Organismo de Energía Atómica del Japón (Japón)
Hunt, J.	Instituto de Radioprotección y Dosimetría (Brasil)
Kenigsberg, J.	Comisión Nacional de Protección Radiológica (Belarús)
Kuhlen, J.	Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (Alemania)
Kukhta, B.	Centro Médico Federal Burnasyan del Organismo Federal de Medicina y Biología de Rusia (Federación de Rusia)
Kutkov, V.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Martinčič, R.	Organismo Internacional de Energía Atómica
McKenna, T.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Vilar Welter, P.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Zagyvai, P.	Academia Húngara de Ciencias, Centro de Investigaciones Energéticas (Hungría)

### Uso experimental

Taller sobre Medidas Protectoras para Accidentes Muy Graves de los Reactores:  
Viena (Austria), 12 a 16 de marzo de 2012

Taller sobre Medidas Protectoras para Accidentes Muy Graves de los Reactores:  
Viena (Austria), 11 a 15 de febrero de 2013





# IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

N° 24

## PEDIDOS DE PUBLICACIONES

En los siguientes países, las publicaciones de pago del OIEA pueden adquirirse a través de los proveedores que se indican a continuación o en las principales librerías locales.

Los pedidos de publicaciones gratuitas deben hacerse directamente al OIEA. Al final de la lista de proveedores se proporcionan los datos de contacto.

### ALEMANIA

#### ***Goethe Buchhandlung Teubig GmbH***

Schweitzer Fachinformationen

Willstätterstrasse 15, 40549 Düsseldorf, ALEMANIA

Teléfono: +49 (0) 211 49 874 015 • Fax: +49 (0) 211 49 874 28

Correo electrónico: [kundenbetreuung.goethe@schweitzer-online.de](mailto:kundenbetreuung.goethe@schweitzer-online.de) •

Sitio web: <http://www.goethebuch.de>

### BÉLGICA

#### ***Jean de Lannoy***

Avenue du Roi 202, 1190 Bruselas, BÉLGICA

Teléfono: +32 2 5384 308 • Fax: +32 2 5380 841

Correo electrónico: [jean.de.lannoy@euronet.be](mailto:jean.de.lannoy@euronet.be) • Sitio web: <http://www.jean-de-lannoy.be>

### CANADÁ

#### ***Renouf Publishing Co. Ltd.***

20-1010 Polytek Street, Ottawa, ON K1J 9J1, CANADÁ

Teléfono: +1 613 745 2665 • Fax: +1 643 745 7660

Correo electrónico: [order@renoufbooks.com](mailto:order@renoufbooks.com) • Sitio web: <http://www.renoufbooks.com>

#### ***Bernan Associates***

4501 Forbes Blvd., Suite 200, Lanham, MD 20706-4391, ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Teléfono: +1 800 865 3457 • Fax: +1 800 865 3450

Correo electrónico: [orders@bernans.com](mailto:orders@bernans.com) • Sitio web: <http://www.bernans.com>

### ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

#### ***Bernan Associates***

4501 Forbes Blvd., Suite 200, Lanham, MD 20706-4391, ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Teléfono: +1 800 865 3457 • Fax: +1 800 865 3450

Correo electrónico: [orders@bernans.com](mailto:orders@bernans.com) • Sitio web: <http://www.bernans.com>

#### ***Renouf Publishing Co. Ltd.***

812 Proctor Avenue, Ogdensburg, NY 13669-2205, ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Teléfono: +1 888 551 7470 • Fax: +1 888 551 7471

Correo electrónico: [orders@renoufbooks.com](mailto:orders@renoufbooks.com) • Sitio web: <http://www.renoufbooks.com>

### FEDERACIÓN DE RUSIA

#### ***Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety***

107140, Moscú, Malaya Krasnoselskaya st. 2/8, bld. 5, FEDERACIÓN DE RUSIA

Teléfono: +7 499 264 00 03 • Fax: +7 499 264 28 59

Correo electrónico: [secnrs@secnrs.ru](mailto:secnrs@secnrs.ru) • Sitio web: <http://www.secnrs.ru>

### FRANCIA

#### ***Form-Edit***

5 rue Janssen, PO Box 25, 75921 París CEDEX, FRANCIA

Teléfono: +33 1 42 01 49 49 • Fax: +33 1 42 01 90 90

Correo electrónico: [fabien.boucard@formedit.fr](mailto:fabien.boucard@formedit.fr) • Sitio web: <http://www.formedit.fr>

### **Lavoisier SAS**

14 rue de Provigny, 94236 Cachan CEDEX, FRANCIA

Teléfono: +33 1 47 40 67 00 • Fax: +33 1 47 40 67 02

Correo electrónico: livres@lavoisier.fr • Sitio web: <http://www.lavoisier.fr>

### **L'Appel du livre**

99 rue de Charonne, 75011 París, FRANCIA

Teléfono: +33 1 43 07 43 43 • Fax: +33 1 43 07 50 80

Correo electrónico: livres@appeldulivre.fr • Sitio web: <http://www.appeldulivre.fr>

## **HUNGRÍA**

### **Librotrade Ltd., Book Import**

Pesti út 237. 1173 Budapest, HUNGRÍA

Teléfono: +36 1 254-0-269 • Fax: +36 1 254-0-274

Correo electrónico: books@librotrade.hu • Sitio web: <http://www.librotrade.hu>

## **INDIA**

### **Allied Publishers**

1<sup>st</sup> Floor, Dubash House, 15, J.N. Heredi Marg, Ballard Estate, Bombay 400001, INDIA

Teléfono: +91 22 4212 6930/31/69 • Fax: +91 22 2261 7928

Correo electrónico: alliedpl@vsnl.com • Sitio web: <http://www.alliedpublishers.com>

### **Bookwell**

3/79 Nirankari, Delhi 110009, INDIA

Teléfono: +91 11 2760 1283/4536

Correo electrónico: bkwel@nde.vsnl.net.in • Sitio web: <http://www.bookwellindia.com/>

## **ITALIA**

### **Libreria Scientifica "AEIOU"**

Via Vincenzo Maria Coronelli 6, 20146 Milán, ITALIA

Teléfono: +39 02 48 95 45 52 • Fax: +39 02 48 95 45 48

Correo electrónico: info@libreriaaeiou.eu • Sitio web: <http://www.libreriaaeiou.eu/>

## **JAPÓN**

### **Maruzen-Yushodo Co., Ltd.**

10-10, Yotsuyasakamachi, Shinjuku-ku, Tokyo 160-0002, JAPÓN

Teléfono: +81 3 4335 9312 • Fax: +81 3 4335 9364

Correo electrónico: bookimport@maruzen.co.jp • Sitio web: <http://maruzen.co.jp>

## **REPÚBLICA CHECA**

### **Suweco CZ, s.r.o.**

SESTUPNÁ 153/11, 162 00 Praga 6, REPÚBLICA CHECA

Teléfono: +420 242 459 205 • Fax: +420 284 821 646

Correo electrónico: nakup@suweco.cz • Sitio web: <http://www.suweco.cz>

**Los pedidos de publicaciones, tanto de pago como gratuitas, se pueden enviar directamente a:**

Sección Editorial del OIEA, Dependencia de Mercadotecnia y Venta

Organismo Internacional de Energía Atómica

Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Viena, Austria

Teléfono: +43 1 2600 22529 ó 22530 • Fax: +43 1 2600 29302

Correo electrónico: sales.publications@iaea.org • Sitio web: <http://www.iaea.org/books>





