



**Naciones Unidas**

# **Informe del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas**

**60° período de sesiones  
(27 a 31 de mayo de 2013)**

**Asamblea General  
Documentos Oficiales  
Sexagésimo octavo período de sesiones  
Suplemento núm. 46**



**Asamblea General**  
Documentos Oficiales  
Sexagésimo octavo período de sesiones  
Suplemento núm. 46

**Informe del Comité Científico de las  
Naciones Unidas para el Estudio de los  
Efectos de las Radiaciones Atómicas**

**60° período de sesiones  
(27 a 31 de mayo de 2013)**



Naciones Unidas • Nueva York, 2013

*Nota*

Las firmas de los documentos de las Naciones Unidas se componen de letras y cifras. La mención de una de tales firmas indica que se hace referencia a un documento de las Naciones Unidas.

# Índice

<i>Capítulo</i>	<i>Página</i>
I. Introducción . . . . .	1
II. Deliberaciones del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas en su 60° período de sesiones . . . . .	3
A. Evaluaciones completadas . . . . .	3
B. Programa de trabajo actual . . . . .	4
1. Exposición a las radiaciones debida a la producción de electricidad y metodología actualizada para estimar la exposición humana causada por efluentes radiactivos. . . . .	4
2. Efectos biológicos de determinados emisores internos . . . . .	4
3. Epidemiología de la exposición de la población en general a fuentes de radiación ambientales naturales y artificiales en tasas de dosis baja . . . . .	4
4. Realización de una evaluación de las exposiciones médicas a la radiación. . . . .	5
5. Actividades de divulgación . . . . .	5
C. Plan estratégico para el período 2014-2019. . . . .	5
D. Programa de trabajo futuro . . . . .	6
E. Cuestiones administrativas . . . . .	7
III. Conclusiones científicas . . . . .	9
A. Niveles y efectos de la exposición a las radiaciones debida al accidente nuclear tras el sismo y tsunami de gran magnitud ocurridos en la zona oriental del Japón en 2011 . . . . .	9
1. El accidente y la emisión de material radiactivo al medio ambiente . . . . .	9
2. Evaluación de las dosis. . . . .	10
3. Consecuencias para la salud . . . . .	14
4. Exposición a las radiaciones y efectos en la biota no humana . . . . .	15
B. Efectos de la exposición de los niños a las radiaciones . . . . .	15
 <b>Apéndices</b>	
I. Miembros de las delegaciones nacionales que asistieron a los períodos de sesiones 58° a 60° del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas. . . . .	19
II. Personal científico y consultores que cooperaron con el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas en la preparación del informe científico del Comité correspondiente a 2013 . . . . .	21



## Capítulo I

### Introducción

1. Desde que el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas fue establecido por la Asamblea General en su resolución 913 (X), de 3 de diciembre de 1955, se ha encargado de realizar estudios amplios de las fuentes de radiación ionizante y sus efectos en la salud de los seres humanos y el medio ambiente<sup>1</sup>. En cumplimiento de su mandato, el Comité también examina y evalúa a fondo los niveles mundiales y regionales de exposición a las radiaciones, así como los indicios que pueda haber de los efectos de la radiación en la salud de los grupos expuestos, y examina los avances del conocimiento de los mecanismos biológicos en virtud de los cuales las radiaciones pueden producir efectos en la salud humana o en la biota no humana. Esos estudios constituyen el fundamento científico que utilizan los organismos competentes del sistema de las Naciones Unidas y otras entidades a fin de formular normas internacionales para la protección de la población en general y de los trabajadores contra las radiaciones ionizantes<sup>2</sup>; a su vez, esas normas se incorporan a importantes leyes y reglamentaciones.

2. La exposición a las radiaciones ionizantes proviene de fuentes naturales (por ejemplo, el espacio ultraterrestre y el gas radón que emana de rocas en la Tierra); y de fuentes de origen artificial (como los procedimientos médicos de diagnóstico y terapia; el material radiactivo resultante de los ensayos de armas nucleares; la generación de energía, especialmente mediante energía nuclear; los fenómenos imprevistos como los accidentes de centrales nucleares ocurridos en Chernobyl en 1986 y tras el sismo y tsunami de gran magnitud que se produjeron en la zona oriental del Japón en marzo de 2011; y los lugares de trabajo donde puede intensificarse la exposición a fuentes de origen natural o artificial).

---

<sup>1</sup> El Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas fue establecido por la Asamblea General en su décimo período de sesiones, celebrado en 1955. Su mandato se enuncia en la resolución 913 (X) de la Asamblea. El Comité estaba integrado originalmente por los siguientes Estados Miembros: Argentina, Australia, Bélgica, Brasil, Canadá, Checoslovaquia (a la que posteriormente sucedió Eslovaquia), Egipto, Estados Unidos de América, Francia, India, Japón, México, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, Suecia y Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (a la que posteriormente sucedió la Federación de Rusia). Más adelante, en su resolución 3154 C (XXVIII), de 14 de diciembre de 1973, la Asamblea amplió la composición del Comité a fin de incorporar a Indonesia, el Perú, Polonia, la República Federal de Alemania (a la que posteriormente sucedió Alemania) y el Sudán. En su resolución 41/62 B, de 3 de diciembre de 1986, la Asamblea aumentó a 21 el número máximo de miembros del Comité e invitó a participar a China. En su resolución 66/70, de 9 de diciembre de 2011, la Asamblea aumentó una vez más, a 27, el número de miembros del Comité e invitó a participar a Belarús, España, Finlandia, el Pakistán, la República de Corea y Ucrania.

<sup>2</sup> Por ejemplo, las normas básicas de seguridad internacionales para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, actualmente copatrocinadas por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos y la Organización Panamericana de la Salud.



## Capítulo II

### **Deliberaciones del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas en su 60º período de sesiones**

3. El Comité Científico celebró su 60º período de sesiones en Viena del 27 al 31 de mayo de 2013<sup>3</sup>. El Sr. Carl-Magnus Larsson (Australia), el Sr. Emil Bédi (Eslovaquia) y el Sr. Yoshiharu Yonekura (Japón) actuaron en calidad de Presidente, Vicepresidente y Relator, respectivamente. El Comité tomó nota de la resolución 67/112 de la Asamblea General relativa a los efectos de las radiaciones atómicas.

#### **A. Evaluaciones completadas**

4. El Comité examinó en detalle dos documentos científicos sustantivos. Las principales conclusiones de esos dos documentos se resumen en un informe científico (véase el cap. III) y, junto con los dos anexos científicos detallados que las sustentan, se publicará por separado en la forma acostumbrada, una vez que se hayan estudiado las observaciones del Comité.

5. El primer documento expone los resultados de una evaluación de los niveles y efectos de la exposición a las radiaciones debida al accidente nuclear tras el gran sismo y tsunami ocurridos en la zona oriental del Japón en 2011. La Asamblea General, en su resolución 66/70, había hecho suya la decisión que el Comité adoptó en su 58º período de sesiones de realizar dicha evaluación. El Comité reconoció que esa había sido una tarea de gran envergadura, que había exigido esfuerzos que estaban muy por encima de los recursos de que normalmente disponían el Comité y su secretaría. En la labor realizada habían intervenido más de 80 expertos de 18 países y 5 organizaciones internacionales, cuya participación constituyó una importante contribución en especie, quienes prepararon material para que el Comité lo analizara en su 60º período de sesiones. Los expertos habían recopilado y examinado datos e información y habían definido metodologías y procesos para garantizar la calidad de los datos y su utilización. Alemania, Suecia y Suiza habían aportado contribuciones financieras al fondo fiduciario general establecido para apoyar la labor del Comité a ese respecto. Un experto (cuyos servicios ofreció el Gobierno del Japón con arreglo a un acuerdo de préstamo no reembolsable) había estado prestando ayuda a la secretaría en Viena.

6. Se dispuso de numerosas fuentes de datos, a saber: a) los conjuntos de datos específicos en formato electrónico y la información complementaria solicitados al Gobierno del Japón y a otras fuentes japonesas homologadas; b) los resultados de las mediciones y evaluaciones efectuadas por otros Estados Miembros de las Naciones Unidas; c) los conjuntos de datos facilitados por organizaciones

---

<sup>3</sup> Asistieron también al 60º período de sesiones del Comité observadores de la FAO, la OMS, el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer, la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el OIEA, la Comisión Preparatoria de la Organización del Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares (OTPCE), la Comisión Europea, la Comisión Internacional de Protección Radiológica y la Comisión Internacional de Unidades y Medidas Radiológicas.

internacionales, entre otras la Comisión Preparatoria de la Organización del Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares (OTPCE), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM); d) la información y análisis independientes publicados en revistas científicas evaluadas por expertos; y e) las mediciones realizadas por organizaciones no gubernamentales.

7. El Comité examinó también un documento científico sustantivo que exponía un extenso análisis de los efectos de la exposición a las radiaciones ionizantes durante la infancia. El Comité había decidido en su 57° período de sesiones (16 a 20 de agosto de 2010), en el marco de las deliberaciones sobre su programa de trabajo futuro, que se ocuparía de examinar los efectos y riesgos de las radiaciones en los niños, a fin de ayudar a esclarecer la razón de las diferencias entre niños y adultos. La delegación de los Estados Unidos de América había dirigido la preparación de documentos técnicos detallados sobre ese tema, que habían sido examinados en los períodos de sesiones 58° (23 a 27 de mayo de 2011) y 59° (23 a 27 de mayo de 2012).

## **B. Programa de trabajo actual**

### **1. Exposición a las radiaciones debida a la producción de electricidad y metodología actualizada para estimar la exposición humana causada por efluentes radiactivos**

8. El Comité examinó dos informes sobre los progresos realizados a ese respecto, uno relativo a una evaluación de la exposición a las radiaciones debida a la producción de electricidad y el otro a la actualización de la metodología del Comité para estimar la exposición humana causada por efluentes radiactivos en el medio ambiente. El Comité tomó conocimiento de que se había avanzado considerablemente en el examen y actualización de la metodología existente. Tomó conocimiento asimismo de que se venían elaborando plantillas electrónicas para aplicar la metodología utilizada a los efectos de determinar el grado de exposición de diferentes grupos de población debida a los diversos tipos de producción de electricidad. El Comité preveía que ambos documentos estarían listos para su análisis final en su 61° período de sesiones.

### **2. Efectos biológicos de determinados emisores internos**

9. El Comité examinó los progresos realizados en las evaluaciones de los efectos biológicos de la exposición a determinados emisores internos, que se ocupaban de dos radionúclidos en especial: el tritio y el uranio. Aunque consideraba que se necesitaba completar esa labor, el Comité preveía que los dos componentes podrían estar listos para examinarlos en detalle en su 61° período de sesiones.

### **3. Epidemiología de la exposición de la población en general a fuentes de radiación ambientales naturales y artificiales en tasas de dosis baja**

10. El Comité examinó los progresos realizados en relación con una evaluación de estudios epidemiológicos de la exposición de la población en general a fuentes de radiación ambientales naturales y artificiales en tasas de dosis bajas. Aunque el

Comité reconoció que esa labor estaba avanzando, preveía que posiblemente no se completaría antes de su 62º período de sesiones.

#### **4. Realización de una evaluación de las exposiciones médicas a la radiación**

11. El Comité tomó conocimiento de un informe de la secretaría sobre la marcha de los trabajos relacionados con la realización de una evaluación de la exposición a las radiaciones en medicina. Habida cuenta de que a) la exposición a las radiaciones de pacientes sometidos a procedimientos terapéuticos constituía la fuente más importante de exposición artificial a la radiación ionizante, b) la tecnología y la práctica en esa esfera evolucionaban rápidamente y c) esa era una prioridad temática del plan estratégico del Comité para el período 2009-2013, el Comité había solicitado a la secretaría que preparara un plan para la elaboración de un informe al respecto. También había solicitado a la secretaría que iniciara el siguiente Estudio Mundial del Comité sobre el Uso de Radiación y la Exposición a Radiaciones en Medicina y que promoviera la estrecha cooperación con otras organizaciones internacionales pertinentes (como el OIEA y la OMS), según procediera. Se ha elaborado y está actualmente en etapa de prueba un cuestionario para una encuesta en la Web sobre la exposición a las radiaciones en medicina. La secretaría proyectaba iniciar la encuesta en el curso de 2013 y recibir del Comité, en su 61º período de sesiones, sus opiniones sobre las conclusiones preliminares, con miras a completar la evaluación posteriormente.

12. El Comité sugirió que la Asamblea General a) alentara a los Estados Miembros, las organizaciones pertinentes del sistema de las Naciones Unidas y otras organizaciones competentes a que siguieran proporcionando datos de interés sobre las dosis y los efectos y peligros vinculados a diversas fuentes de radiación, datos que serían de gran ayuda para la preparación de otros informes del Comité a la Asamblea; y b) que alentara al OIEA, la OMS y a otras organizaciones competentes a que siguieran colaborando con la secretaría del Comité a fin de establecer y de coordinar planes para la reunión y el intercambio periódicos de información sobre la exposición a las radiaciones de la población en general, de los trabajadores y, en particular, de los pacientes.

#### **5. Actividades de divulgación**

13. El Comité tomó conocimiento de informes preparados por la secretaría sobre los progresos realizados en las actividades de divulgación, en particular de los planes para la difusión del informe del Comité sobre los niveles y efectos de la exposición a las radiaciones debida al accidente nuclear tras el gran sismo y tsunami ocurridos en la zona oriental del Japón en 2011. Tomó conocimiento también de los progresos que la secretaría había realizado en el mejoramiento del sitio web público del Comité, la preparación de volantes y carteles y la actualización de un folleto para explicar en lenguaje sencillo las conclusiones de sus informes recientes.

### **C. Plan estratégico para el período 2014-2019**

14. El Comité examinó un plan estratégico cuya finalidad era ofrecer la visión y el rumbo de todas sus actividades durante el período 2014-2019, facilitar a la secretaría la programación basada en los resultados, ayudar a estimular la gestión de

recursos que sean suficientes, garantizados y previsibles y mejorar la planificación y coordinación entre las diversas partes que intervienen en las actividades.

15. El Comité consideró que su objetivo estratégico para el período 2014-2019 era lograr entre las instancias decisorias, la comunidad científica y la sociedad civil la sensibilización y profundización de los conocimientos respecto de los niveles de exposición a la radiación ionizante y los efectos conexos para la salud y el medio ambiente, como base sólida para adoptar decisiones bien fundadas sobre cuestiones relativas a las radiaciones.

16. El Comité determinó sus prioridades temáticas para el período, a saber: a) la repercusión a nivel mundial de la producción de energía, (comprendido el seguimiento de las consecuencias radiológicas del accidente de 2011 en la central nuclear de Fukushima Daiichi) y de la rápida expansión de la utilización de la radiación ionizante en el diagnóstico y el tratamiento médicos; y b) los efectos de las radiaciones en dosis bajas y tasas de dosis baja.

17. Se preveían otros cambios estratégicos a fin de atender mejor las necesidades de los Estados Miembros, entre ellos los siguientes: a) continuar racionalizando los procesos de evaluación científica del Comité para completar informes resumidos de amplio alcance sobre los niveles y efectos de la exposición a las radiaciones y preparar informes especiales en respuesta a cuestiones nuevas a medida que surja la necesidad; b) continuar utilizando los grupos de expertos que se reúnen entre períodos de sesiones para elaborar metodologías de evaluación, realizar evaluaciones y seguir el curso de cuestiones de reciente aparición; c) crear redes de expertos, coordinadores científicos en los Estados Miembros y centros de excelencia para facilitar el acceso a los conocimientos especializados; d) continuar mejorando los mecanismos de recopilación, análisis y difusión de datos; y e) continuar intensificando la concienciación y mejorando la difusión de las conclusiones del Comité en formatos fácilmente comprensibles con destino a las autoridades y la población general.

#### **D. Programa de trabajo futuro**

18. En su período de sesiones anterior, el Comité había decidido que la labor destinada a evaluar los niveles de exposición y los riesgos de radiación atribuibles al accidente de la central nuclear ocurrido tras el terremoto y el tsunami de gran magnitud que se produjeron en la zona oriental del Japón en marzo de 2011, y a completar un análisis amplio de los efectos de la exposición a las radiaciones durante la infancia recibiera mayor prioridad que otras evaluaciones y actividades que se habían iniciado como parte del actual programa de trabajo. En vista de que esos dos estudios se habrían de completar y publicar en los meses siguientes, el Comité, en sus deliberaciones acerca del programa de trabajo futuro, convino en concentrarse en la terminación de sus demás evaluaciones pendientes que habían sufrido retrasos a causa de los trabajos imprevistos a raíz del accidente en la central nuclear de Fukushima Daiichi y en no introducir otros temas nuevos en esa etapa.

## **E. Cuestiones administrativas**

19. El Comité expresó su beneplácito por las novedades registradas en los procedimientos de racionalización de la publicación de sus informes como publicaciones para la venta. No obstante, sugirió que la Asamblea General solicitara a la Secretaría de las Naciones Unidas que siguiera racionalizando igualmente los procedimientos de publicación pertinentes, en reconocimiento de que, sin menoscabo de la calidad, era de importancia fundamental publicar los informes oportunamente para alcanzar los logros previstos en el presupuesto por programas, y en espera de que cada informe se publicara el mismo año en que se aprobara.

20. El Comité reconoció que, dada la necesidad de seguir trabajando a un ritmo intenso y, en particular, de mejorar la divulgación de sus conclusiones, sería útil que se hicieran aportaciones al fondo fiduciario general establecido por el Director Ejecutivo del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente con el propósito de recibir y administrar contribuciones voluntarias en apoyo de la labor del Comité. El Comité sugirió que la Asamblea General alentara a los Estados Miembros a que estudiaran la posibilidad de hacer contribuciones voluntarias al fondo fiduciario general con ese fin o de hacer contribuciones en especie.

21. El Comité acordó celebrar su 61º período de sesiones en Viena del 26 al 30 de mayo de 2014.



## Capítulo III

### Conclusiones científicas

22. En dos anexos científicos (publicados por separado) se expone la fundamentación de las conclusiones recogidas en el presente capítulo.

#### **A. Niveles y efectos de la exposición a las radiaciones debida al accidente nuclear tras el sismo y tsunami de gran magnitud ocurridos en la zona oriental del Japón en 2011**

##### **1. El accidente y la emisión de material radiactivo al medio ambiente**

23. El 11 de marzo de 2011, a las 14.46 horas (hora local) se produjo un sismo de magnitud 9,0 cerca de Honshu (Japón) ocasionando un tsunami devastador que dejó a su paso un rastro de muerte y destrucción. Esos fenómenos naturales destruyeron bienes, infraestructura y recursos naturales. El sismo y el tsunami posterior, que inundó más de 500 kilómetros cuadrados de tierras, causaron la pérdida de más de 20.000 vidas. Ocasionaron asimismo el peor desastre nuclear ocurrido en instalaciones civiles desde el de Chernobyl en 1986. La pérdida de energía eléctrica dentro y fuera del emplazamiento y el hecho de que los sistemas de seguridad de la central nuclear de Fukushima Daiichi se vieran comprometidos causaron graves daños del núcleo en tres de los seis reactores nucleares situados en el emplazamiento, lo cual produjo la emisión, durante un período prolongado, de cantidades muy grandes de material radiactivo al medio ambiente.

24. Como reacción inmediata, el Gobierno del Japón recomendó la evacuación de alrededor de 78.000 personas que residían dentro de un radio de 20 km de la central nuclear y, como medida de protección, la permanencia en sus hogares de cerca de 62.000 personas más que residían en un perímetro de entre 20 km y 30 km de la central. Posteriormente, en abril de 2011, el Gobierno recomendó la evacuación de aproximadamente otras 10.000 personas que residían aún más lejos hacia el noroeste de la central (zona que se denominó área de evacuación deliberada), a causa de los niveles elevados de material radiactivo en el suelo. Las evacuaciones redujeron considerablemente (hasta en un factor de 10) los niveles de exposición que de lo contrario habrían recibido las personas residentes en esas zonas. Sin embargo, las propias evacuaciones también tuvieron repercusiones en las personas afectadas, incluidas varias muertes relacionadas con la evacuación y el efecto ulterior en el bienestar mental y social (por ejemplo, debido a que las personas evacuadas fueron separadas de sus hogares y su entorno familiar y muchas perdieron sus medios de subsistencia).

25. De la información que examinó el Comité se infieren emisiones atmosféricas de yodo 131 y cesio 137 (dos de los radionúclidos más importantes desde el punto de vista de la exposición que afecta a la población y al medio ambiente) en intervalos de 100 a 500 petabecquerels (PBq) y 6 a 20 PBq, respectivamente; para su labor ulterior, el Comité utilizó estimaciones comprendidas dentro de esos intervalos. A título indicativo, las estimaciones son inferiores en un factor de alrededor de 10 a 5, respectivamente, a las estimaciones correspondientes de emisiones atmosféricas resultantes del accidente del Chernobyl. Los vientos transportaron una

gran parte de las emisiones atmosféricas al Océano Pacífico. Además, las emisiones líquidas se vertieron directamente en el mar circundante. Los vertidos directos ascendieron aproximadamente 10% y 50% de los correspondientes vertidos atmosféricos de yodo 131 y cesio 137, respectivamente; en mayo de 2013 continuaban todavía los vertidos de bajo nivel al océano.

## **2. Evaluación de las dosis**

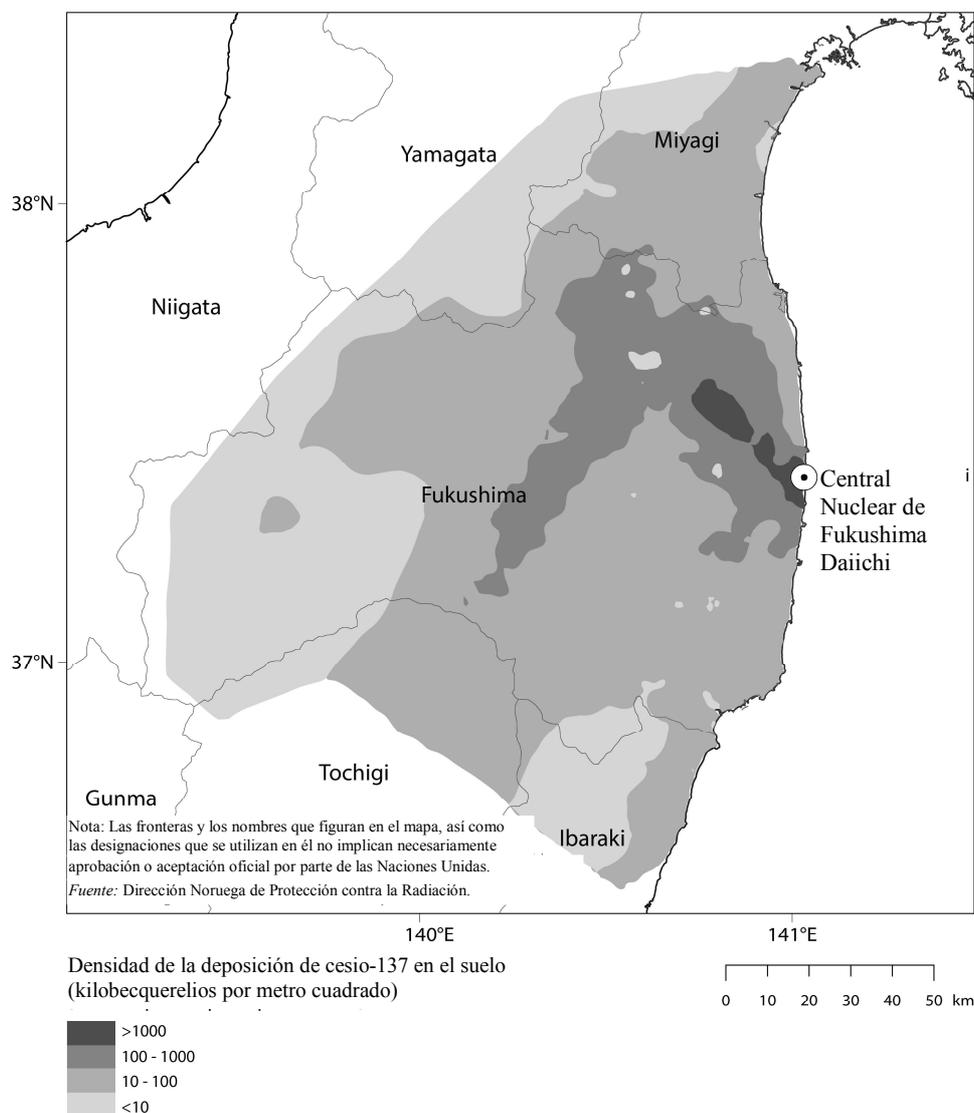
26. Se llegó a la conclusión de que el yodo 131 (que tiene un período de semidesintegración corto de 8 días) y el cesio 137 (con un período de semidesintegración mucho más prolongado de 30 años) eran los dos radionúclidos más importantes para la evaluación de las dosis. Respecto de esos dos radionúclidos, los tejidos afectados y el período de exposición eran muy diferentes. El yodo 131 tendía a acumularse en la glándula tiroides durante unas cuantas semanas después de la emisión y la dosis afectaba primordialmente a ese órgano. El cesio 137 se depositaba en el suelo y la dosis afectaba a todo el cuerpo a lo largo de muchos años después de la emisión.

27. El Comité ha hecho estimaciones de la exposición a las radiaciones de diversas categorías de personas, a saber: la población general expuesta como resultado de la emisión de material radiactivo al medio ambiente; trabajadores expuestos profesionalmente empleados en la central nuclear de Fukushima Daiichi en el momento del accidente y los que participaron posteriormente en operaciones de recuperación en el emplazamiento; y personal de los servicios de emergencia que participó en actividades realizadas en el emplazamiento o fuera del emplazamiento. En la medida factible, el Comité basó sus evaluaciones en los resultados de la monitorización individual. Los trabajadores expuestos profesionalmente y el personal de los servicios de emergencia fueron en general sometidos a monitorización para determinar la exposición a fuentes de radiación externas al cuerpo (exposición externa) y la exposición proveniente de ingestiones de materiales radiactivos absorbidos por el cuerpo (exposición interna) cuando estas pudieran haber sido importantes.

28. En el momento en que el Comité inició su evaluación eran pocas las mediciones directas de exposiciones internas dadas a conocer a la población. Esas mediciones resultaron insuficientes para que el Comité hiciera una estimación de las dosis correspondientes a las zonas del Japón más afectadas por el accidente. Por consiguiente, tuvo que recurrir a la utilización de diversos modelos para estimar las dosis sobre la base de los niveles de material radiactivo medidos, o estimados, emitidos al medio ambiente y transportados a través del medio hacia los seres humanos (por ejemplo, la figura ilustra la distribución, derivada de mediciones, de la deposición de cesio 137 en la zona del Japón más afectada a raíz del accidente). Por necesidad, hubo que recurrir a la generación de modelos para predecir posibles dosis en el futuro.

Figura  
**Deposición de cesio 137 en el suelo en la Prefectura de Fukushima y prefecturas vecinas basada en datos de medición ajustados al 14 de junio de 2011**

El presente mapa se ha obtenido mediante la interpolación entre mediciones; su finalidad es representar la estructura general de los niveles y el alcance de la deposición de cesio 137 y no indicar zonas de demarcación exactas.



29. Las dosis efectivas estimadas resultantes del accidente ocurrido en la central nuclear de Fukushima Daiichi se pueden apreciar en perspectiva cotejándolas con las que se reciben de la exposición a fuentes de radiación de origen natural (como los rayos cósmicos y el material radiactivo que se da naturalmente en los alimentos, el aire, el agua y otros componentes del medio ambiente). La población

japonesa recibe, en promedio, de fuentes naturales una dosis efectiva de radiación de alrededor de 2,1 milisieverts (mSv) anualmente y un total de cerca de 170 mSv a lo largo de toda la vida. La estimación más reciente hecha por el Comité de la exposición anual media a nivel mundial a fuentes de radiación naturales es de 2,4 mSv y varía entre cerca de 1 y 13 mSv, en tanto que grupos de población importantes reciben entre 10 y 20 mSv anualmente<sup>4</sup>. Las dosis absorbidas en los distintos órganos se expresan en miligrays (mGy). La dosis media anual absorbida en la tiroides proveniente de fuentes naturales de radiación suele ser del orden de 1 miligray.

**a) Población general**

30. Los distritos con las dosis medias estimadas más altas en la población general se encontraban dentro del área de evacuación de 20 km y el área de evacuación deliberada. En el caso de los adultos, se estimó que la dosis efectiva que habían recibido antes y durante la evacuación fue, en promedio, de menos de 10 mSv y de aproximadamente la mitad de ese nivel para los que fueron evacuados anteriormente el 12 de marzo de 2011. La correspondiente dosis media estimada absorbida en la tiroides fue hasta de 30 mGy. En el caso de los lactantes de 1 año de edad, se estimó que la dosis efectiva fue aproximadamente el doble de la de los adultos y que la dosis a la tiroides era hasta de cerca de 70 mGy, de los que la mitad provenía de la ingestión de radioactividad en los alimentos. Sin embargo, a nivel individual hubo una variación considerable en torno a ese valor, dependiendo del lugar en que se encontraba cada persona y el tipo de alimentos que había consumido.

31. Se estimó que los adultos residentes en la ciudad de Fukushima han recibido, en promedio, una dosis efectiva de cerca de 4 mSv en el primer año que siguió al accidente; las dosis estimadas de los lactantes de 1 año de edad fueron aproximadamente el doble. Se estimó que la población residente en otros distritos de la Prefectura de Fukushima y en las prefecturas vecinas han recibido dosis comparables o más bajas; según las estimaciones, en otros lugares del Japón se habían recibido dosis incluso más bajas. Las dosis efectivas para toda la vida (como resultado del accidente) que, en promedio, podrían recibir las personas que continuaran viviendo en la Prefectura de Fukushima han sido estimadas en algo más de 10 mSv; en esa estimación se da por supuesto que no se adoptarán medidas correctivas para reducir las dosis en el futuro y, por consiguiente, pueden representar una sobreestimación. La fuente más importante que contribuyó a esas dosis estimadas fue la radiación externa de material radiactivo depositado.

32. Se pueden hacer estimaciones de dosis más altas o más bajas que los valores medios en el caso de personas que tienen hábitos o patrones de comportamiento significativamente diferentes de los de la media de la población y/o que viven en zonas en las que los niveles de material radiactivo eran o son considerablemente diferentes de la media correspondiente a un distrito o prefectura determinados. Dentro de un distrito, las dosis individuales relacionadas con la inhalación y exposición a la radiación externa suelen variar de cerca de una tercera parte hasta tres veces el valor de la media. No se pueden dar totalmente por descontadas dosis mayores en el caso de algunas personas, en particular cuando, a pesar de la

---

<sup>4</sup> *Documentos Oficiales de la Asamblea General, sexagésimo tercer período de sesiones, Suplemento núm. 46 (A/63/46), cuadro 1.*

advertencia oficial, consumieron después del accidente determinados tipos de alimentos producidos localmente o continuaron viviendo en zonas de evacuación por un período prolongado. Algunos lactantes pueden haber recibido en la tiroides dosis de 100 mGy o más.

33. Aunque poco después del accidente se dio a conocer alguna información sobre las dosis internas, basada en mediciones directas de la radioactividad en la población, se dispuso de mayor información después de que el Comité completó sus estimaciones de las dosis. En conjunto, esas mediciones del contenido radiactivo de la tiroides y de todo el cuerpo indicaban dosis debidas a la exposición interna menores que las estimadas por el Comité, en un factor de alrededor de 3 a 5 en el caso de las dosis a la tiroides y hasta de 10 en el caso de las dosis a todo el cuerpo. Por ello, el Comité considera que sus estimaciones de las dosis bien pueden reflejar una sobreestimación de la exposición real a las radiaciones.

34. La exposición a las radiaciones en los países vecinos y en el resto del mundo como resultado del accidente estaba muy por debajo de la recibida en el Japón; las dosis efectivas eran de menos de 0,01 mSv y las dosis a la tiroides eran también de menos de 0,01 mGy; esos niveles no serían significativos para la salud de la población.

**b) Trabajadores de la central nuclear de Fukushima Daiichi, personal de los servicios de emergencia, trabajadores municipales y voluntarios**

35. Hasta finales de octubre de 2012, alrededor de 25.000 trabajadores habían participado en actividades de mitigación y de otra índole en el emplazamiento de la central nuclear; alrededor del 15% de ellos estaban empleados directamente por la empresa explotadora de la central (Tokyo Electric Power Company (TEPCO)) y el resto por contratistas o subcontratistas. Según los registros, la dosis efectiva media de los 25.000 trabajadores durante los primeros 19 meses transcurridos después del accidente era de alrededor de 12 mSv. Durante ese período alrededor del 35% de la fuerza de trabajo recibió dosis totales de más de 10 mSv, en tanto que el 0,7% recibió dosis de más de 100 mSv.

36. El Comité examinó los datos sobre la exposición interna correspondientes a 12 de los trabajadores que habían estado más expuestos, datos que confirmaron que habían recibido dosis absorbidas en la tiroides del orden de 2 a 12 Gy, principalmente de la inhalación de yodo 131. El Comité también concluyó que sus evaluaciones independientes de la dosis efectiva proveniente de la exposición interna coincidían razonablemente con las comunicadas por TEPCO respecto de los trabajadores en los que se encontraron niveles medibles de yodo 131 en el cuerpo. No se tuvo en cuenta la posible contribución de ingestiones de isótopos de yodo de período más corto, en particular el yodo 133; en consecuencia, en las dosis valoradas de la exposición interna podría haber una subestimación de cerca del 20%. A causa de la larga demora antes de la monitorización, a muchos trabajadores no se les detectó yodo 131 en la tiroides; en el caso de esos trabajadores las dosis internas que estimaron TEPCO y sus contratistas son inciertas.

37. Aparte de esos grupos, entre el 11 de marzo de 2011 y el 31 de agosto de 2011 se realizó una monitorización *in vivo* de 8.380 empleados afiliados al Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Alrededor del 3% mostraban niveles de actividad

medibles con una dosis efectiva máxima de 0,4 mSv y una dosis absorbida máxima en la tiroides de 6,5 mGy.

### **3. Consecuencias para la salud**

38. No se han observado muertes o enfermedades graves relacionadas con la radiación entre los trabajadores y la población general expuestos a la radiación a raíz del accidente.

39. Las dosis recibidas por la población general, tanto las registradas durante el primer año como las estimadas para toda la vida, son por lo general bajas o muy bajas. No se prevé un aumento discernible de la incidencia de efectos en la salud relacionados con la radiación entre la población general expuesta y su descendencia. El efecto más importante desde el punto de vista de la salud es el que se produce en el bienestar mental y social y que guarda relación con el enorme impacto del sismo, el tsunami y el accidente nuclear, y el temor y el estigma relacionados con el riesgo percibido de exposición a la radiación ionizante. Ya se ha informado de efectos como síntomas de depresión y estrés postraumático. La estimación de la incidencia e intensidad de esos efectos en la salud no es de la competencia del Comité.

40. Respecto de los adultos de la Prefectura de Fukushima, el Comité estima que las dosis efectivas medias para toda la vida son del orden de 10 mSv o menos y que las dosis del primer año son de un tercio o la mitad de esa cifra. Aunque de los modelos de riesgo por inferencia se desprende un aumento del riesgo de cáncer, actualmente los cánceres inducidos por radiación no son distinguibles de otras formas de cáncer. Por ello, no se prevé un aumento perceptible de la incidencia del cáncer en esa población que pudiera atribuirse a la exposición a las radiaciones a raíz del accidente. Cabe inferir un mayor riesgo de cáncer de la tiroides, en particular en los lactantes y los niños. El número de lactantes que pueden haber recibido dosis en la tiroides de 100 mGy no se conoce con seguridad; los casos que exceden de la norma se estiman únicamente mediante cálculos basados en modelos y en la práctica son difíciles de verificar mediante medición.

41. En el caso de los 12 trabajadores cuyos datos de exposición analizó el Comité y que, según las estimaciones, han recibido dosis de yodo 131 absorbidas en la tiroides del orden de 2 a 12 Gy, se puede inferir un mayor riesgo de desarrollar cáncer de la tiroides y otras alteraciones de esa glándula. Más de 160 trabajadores adicionales recibieron dosis efectivas estimadas actualmente en más de 100 mSv, predominantemente de exposición externa. Entre ese grupo cabría esperar un mayor riesgo de cáncer en el futuro. Sin embargo, no se prevé un aumento perceptible de la incidencia de cáncer en ese grupo a causa de la dificultad de confirmar una incidencia tan reducida en comparación con las fluctuaciones estadísticas normales de la incidencia de cáncer. Los trabajadores expuestos a dosis de más de 100 mSv serán especialmente examinados y se les practicarán en particular exámenes anuales de la tiroides, el estómago, el intestino grueso y los pulmones para determinar posibles efectos tardíos para la salud relacionados con las radiaciones.

42. En junio de 2011 se inició un estudio sobre la salud de la población local (el Estudio de gestión de la salud en Fukushima). El estudio, que comenzó en octubre de 2011 y se proyecta continuar durante 30 años, abarca a todos los 2,05 millones de residentes que vivían en la Prefectura de Fukushima en el momento del sismo y el accidente del reactor. Incluye una ecografía de la tiroides de 360.000 niños hasta la edad de 18 años en el momento del accidente, empleando

ultrasonografía moderna de alta precisión, que aumenta la capacidad de detectar anomalías pequeñas. Durante la primera serie de análisis se han observado mayores tasas de detección de nódulos, quistes y cánceres; sin embargo, esos resultados son de esperar en vista de la gran precisión de la detección. De los datos de protocolos de análisis similares efectuados en zonas que no se vieron afectadas por el accidente se desprende que las mayores tasas aparentes de detección entre los niños de la Prefectura de Fukushima no están relacionadas con la exposición a las radiaciones.

#### **4. Exposición a las radiaciones y efectos en la biota no humana**

43. También se realizaron estimaciones de la exposición a las radiaciones de biota no humana seleccionada del medio ambiente natural. Las dosis y efectos conexos de la radiación en la biota no humana después del accidente fueron sometidos a evaluación cotejando los datos con los de evaluaciones anteriores de esos efectos realizadas por el Comité<sup>5</sup>. La exposición a las radiaciones de la biota no humana, tanto marina como terrestre, tras el accidente fue, en general, muy baja respecto de efectos agudos por observar, aunque posiblemente haya habido algunas excepciones a causa de la disparidad a nivel local:

a) Los efectos en la biota no humana en el medio ambiente marino estarían circunscritos a las áreas próximas a donde se vertió en el océano agua altamente radiactiva;

b) No se pueden descartar cambios continuos en los biomarcadores en el caso de determinados organismos terrestres, en particular los mamíferos, aunque no está clara su importancia para la integridad de la población. Los posibles efectos de la radiación estarían circunscritos a una área limitada donde la deposición de material radiactivo haya sido mayor; fuera de esa área, la posibilidad de efectos en la biota es insignificante.

44. Aunque no formaba parte del alcance de la evaluación del Comité, es importante señalar que los efectos de las medidas de protección y otras medidas correctivas adoptadas para reducir la exposición humana tienen una repercusión considerable, entre otras cosas, en los bienes y servicios medioambientales, los recursos utilizados en la agricultura, la silvicultura, la pesca y el turismo y en las instalaciones utilizadas en actividades espirituales, culturales y recreativas.

## **B. Efectos de la exposición de los niños a las radiaciones**

45. Los estudios epidemiológicos recogidos en las publicaciones pertinentes difieren en cuanto a los grupos de edad concretos que toman en consideración. Para los fines de la evaluación del Comité de los efectos de la exposición de los niños a las radiaciones, el término “niños” se utiliza en contraposición al de “adultos” e incluye a los lactantes, niños y adolescentes expuestos a radiaciones. La evaluación no se ocupa específicamente de los efectos de la exposición a la radiación en el útero dado que esa información figura en otros informes amplios. La evaluación

---

<sup>5</sup> Véase *Documentos Oficiales de la Asamblea General, quincuagésimo primer período de sesiones, Suplemento núm. 46 (A/51/46)* y *sexagésimo tercer período de sesiones, Suplemento núm. 46 (A/63/46)*.

tampoco trata las numerosas aplicaciones beneficiosas para los niños de la exposición a las radiaciones, como ocurre en el diagnóstico y la terapia médicos, que caen fuera del mandato del Comité.

46. Entre las fuentes de exposición que afectan a los niños que revisten particular interés figuran la exposición accidental y la de determinadas regiones que tienen niveles pronunciados de radiación natural de fondo, así como la de los procedimientos terapéuticos y de diagnóstico. Los datos que examinó el Comité se tomaron de estudios que analizaban una amplia variedad de dosis, tasas de dosis variables, exposición total y parcial del cuerpo y niños de diferentes edades. Los efectos descritos en el anexo son a menudo de aplicación muy específica a un escenario de exposición determinado.

47. En su 60° período de sesiones el Comité examinó los efectos de la exposición de los niños a las radiaciones y llegó a las conclusiones siguientes:

a) Respecto de una dosis de radiación determinada, por lo general los niños están expuestos a un mayor riesgo de inducción de tumores que los adultos. Los cánceres que puedan haber sido inducidos por exposición a la radiación ionizante a edades tempranas pueden ocurrir en el curso de unos pocos años, aunque también decenios más tarde. En el informe sobre su 54° período de sesiones, el Comité afirmó que las estimaciones del riesgo durante la vida de contraer cáncer en las personas expuestas a radiaciones durante la infancia pueden tener un factor dos o tres veces mayor que las estimaciones relativas a una población expuesta a cualquier edad<sup>6</sup>. Esa conclusión se basaba en un modelo de proyección de riesgos durante la vida que combinaba los riesgos de todos los tipos de tumor en conjunto;

b) El Comité ha examinado el material científico en desarrollo y observa que la incidencia de tumores radiogénicos en los niños es más variable que en los adultos y depende del tipo de tumor, la edad y el género. La expresión “sensibilidad a la radiación” en el contexto de la inducción del cáncer se refiere a la tasa de inducción de tumores radiogénicos. El Comité examinó 23 tipos de cáncer diferentes. En términos generales, en cerca del 25% de esos tipos de cáncer, que incluían la leucemia y los cánceres de tiroides, piel, mama y cerebro, los niños eran claramente más radiosensibles. En algunos de esos tipos de cáncer, dependiendo de las circunstancias, los riesgos pueden ser considerablemente mayores para los niños que para los adultos. Algunos de esos tipos de cáncer son de gran interés para la evaluación de las consecuencias radiológicas de accidentes y de algunos procedimientos médicos;

c) En cerca del 15% de los tipos de cáncer (por ejemplo, cáncer de colon), los niños parecen tener la misma radiosensibilidad que los adultos. En cerca del 10% de los tipos de cáncer (por ejemplo, cáncer del pulmón), al parecer los niños son menos sensibles a la exposición a las radiaciones externas que los adultos. En cerca del 20% de los tipos de cáncer (por ejemplo, cáncer del esófago), los datos son demasiado incompletos para deducir una conclusión respecto de posibles diferencias de riesgo. Por último, en cerca del 30% de los tipos de cáncer (por ejemplo, enfermedad de Hodgkin y cáncer de próstata, recto y útero), hay solo

---

<sup>6</sup> *Documentos Oficiales de la Asamblea General, sexagésimo primer período de sesiones, Suplemento núm. 46 y corrección (A/61/46 y Corr.1), párrs. 21 y 22.*

una relación débil o inexistente entre la exposición a las radiaciones y el riesgo en cualquier edad en que ocurra la exposición;

d) En la actualidad, las proyecciones del riesgo de determinados tipos de cáncer durante la vida tras la exposición en edades tempranas son estadísticamente insuficientes. Las estimaciones actuales no captan adecuadamente las variaciones conocidas, por lo cual se requieren estudios adicionales;

e) Respecto de los efectos directos que ocurren después de recibir dosis altas (ya sea agudas o fraccionadas) (los llamados efectos determinísticos en la salud), las diferencias en los resultados entre la exposición en la infancia y en la edad adulta son complejas y pueden explicarse por la interacción de tejidos y mecanismos diferentes. Esos efectos pueden observarse después de la radioterapia o después de exposiciones altas en accidentes. La diferencia entre la sensibilidad de los niños a la radiación y la de los adultos respecto de los efectos determinísticos en un órgano determinado con frecuencia no es la misma que la diferencia respecto de la inducción del cáncer. Hay algunos casos en que la exposición durante la infancia plantea un mayor riesgo que la exposición durante la edad adulta (por ejemplo, defectos cognitivos, cataratas y nódulos en la tiroides). Hay otros casos en que el riesgo parece ser aproximadamente el mismo (por ejemplo, anormalidades neuroendocrinas) y hay unos pocos casos en que los tejidos de los niños son más resistentes (por ejemplo, el pulmón y los ovarios);

f) Habida cuenta de las consideraciones anteriores, el Comité recomienda que se eviten las generalizaciones sobre los riesgos de los efectos de la exposición a las radiaciones durante la infancia. Es preciso dirigir la atención a aspectos específicos de la exposición, la edad en el momento de la exposición, la dosis absorbida en determinados tejidos y los efectos particulares de interés;

g) Se han efectuado numerosos estudios de posibles efectos hereditarios tras la exposición a las radiaciones; el Comité examinó esos estudios en 2001. En general, se ha llegado a la conclusión de que en seres humanos no ha habido efectos hereditarios debidos a la exposición a las radiaciones que hayan sido explícitamente establecidos (concretamente en estudios de la descendencia de los sobrevivientes de las bombas atómicas). En el último decenio, se han hecho estudios adicionales que se han concentrado en los sobrevivientes de cáncer sufrido en la infancia y la adolescencia después de la radioterapia, en la que las dosis a las gónadas son con frecuencia muy altas. En síntesis, no hay pruebas de un aumento de la inestabilidad cromosómica, las mutaciones de minisatélites, la inestabilidad genómica transgeneracional, el cambio en la proporción de sexos de los descendientes, las anormalidades congénitas o el mayor riesgo de cáncer en los descendientes de progenitores expuestos a la radiación. Ello se explica en parte por la gran fluctuación que existe en la incidencia espontánea de esos efectos;

h) Los efectos para la salud y los riesgos correspondientes dependen de una serie de factores físicos. Debido a que los niños tienen un diámetro corporal más pequeño y la protección por los tejidos de recubrimiento es menor, la dosis a sus órganos internos será mayor que en un adulto en una exposición externa determinada. Debido a que son también más pequeños que los adultos, los niños pueden recibir una dosis más alta de la radioactividad distribuida y depositada sobre el suelo. Estos factores son importantes al considerar las dosis que recibe la población en algunas áreas que tienen elevados niveles de radionúclidos en el suelo

o sobre el suelo. En la exposición durante diagnósticos médicos, los niños pueden recibir dosis considerablemente más altas que los adultos durante el mismo tipo de examen si los parámetros técnicos de emisión de la dosis no se adaptan específicamente.

i) En relación con la exposición interna, a causa del tamaño más pequeño de los lactantes y los niños y de que, por ello, sus órganos están entre sí más próximos, los radionúclidos concentrados en un órgano irradian a otros órganos del cuerpo de los niños más que en el caso de los adultos. Hay también muchos otros factores relacionados con la edad relativos al metabolismo y la fisiología que hacen que la diferencia en la dosis de acuerdo con la edad sea considerable. Varios radionúclidos son de particular interés en lo que respecta a la exposición interna de los niños. Los accidentes en que hay emisiones de yodos radiactivos (por ejemplo, un accidente en una central nuclear) pueden ser fuentes importantes de exposición de la glándula tiroides y, por consiguiente, es posible que induzcan cáncer de tiroides. Respecto de una ingestión determinada, la dosis a la tiroides para los lactantes es ocho o nueve veces mayor que la de los adultos. En las ingestiones de cesio 137, hay muy poca diferencia en la dosis entre niños y adultos. La exposición interna de los niños ocurre también en la aplicación médica de radionúclidos. La gama de procedimientos que normalmente se practican en los niños es diferente de la de los que se practican en los adultos. Las dosis potencialmente más altas en los niños se compensan en la práctica mediante la utilización de una cantidad más baja del material radiactivo administrado.

48. El Comité reconoce que se requiere una investigación permanente para determinar el pleno alcance y manifestación de las diferencias de los efectos, mecanismos y riesgos de la exposición a la radiación ionizante en la infancia en comparación con la edad adulta. Esa investigación es necesaria porque en varios estudios (como los realizados en sobrevivientes de bombas atómicas, niños expuestos al radioyodo después del accidente de Chernobyl y personas a las que se les han practicado tomografías computarizadas) los resultados sobre los efectos durante toda la vida siguen siendo incompletos. En futuros estudios a largo plazo para seguir el curso de la exposición a las radiaciones durante la infancia se tropezará con considerables dificultades debido a la falta de vinculación entre los registros sanitarios, las barreras políticas y administrativas y las consideraciones éticas y de privacidad.

49. Entre las esferas importantes de investigaciones y trabajos futuros figuran también la evaluación de los posibles efectos de las radiaciones para los niños: a) en zonas de alta exposición natural de fondo; b) después de procedimientos médicos en que se aplican altas dosis y en la intervención se aplica la fluoroscopia; y c) después de la radioterapia para el cáncer (comprendida la evaluación de posibles interacciones con otras terapias). Además, el Comité determinó las siguientes esferas para la investigación futura: elaboración de bases de datos sobre dosis de radiación aplicadas a niños en los que se pueda realizar un seguimiento a largo plazo; y evaluación de los efectos tras la irradiación total o parcial de órganos jóvenes. Los estudios a nivel molecular, celular, de tejidos y de animales jóvenes pueden ser una fuente de información.

## Apéndice I

### Miembros de las delegaciones nacionales que asistieron a los períodos de sesiones 58° a 60° del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas

Alemania	W. Weiss (Representante), A. A. Friedl, K. Gehrcke, P. Jacob, T. Jung, G. Kirchner, J. Kopp, R. Michel, W. U. Müller
Argentina	A. J. González (Representante), A. Canoba, M. di Giorgio
Australia	C. M. Larsson (Representante), C. Baggoley, G. Hirth, S. B. Solomon, R. Tinker
Belarús	J. Kenigsberg (Representante), A. Stazharau, V. Ternov
Bélgica	H. Vanmarcke (Representante), S. Baatout, H. Bijwaard, H. Bosmans, G. Eggermont, H. Engels, F. Jamar, L. Mullenders, H. Slaper, P. Smeesters, A. Wambersie, P. Willems
Brasil	J. Hunt (Representante), D. R. Melo (Representante), M. Nogueira Martins (Representante), M. C. Lourenço, L. Holanda Sadler Veiga
Canadá	C. Purvis (Representante), B. Pieteron (Representante), N. E. Gentner (Representante), D. Boreham, K. Bundy, D. B. Chambers, J. Chen, S. Hamlat, R. Lane, C. Lavoie, E. Waller
China	Pan Z. (Representante), Chen Y., Du Y., Gao H., Liu J., Liu S., Pan S., Su X., Sun Q., Wang Y., Yang H., Zhang W., Zhu M.
Egipto	T. S. El-Din Ahmed (Representante), M.A.M. Gomaa (Representante)
Eslovaquia	E. Bédi (Representante), M. Chorváth, Ž. Kantová, K. Petrová, L. Tomášek, I. Zachariášová
España	M. J. Muñoz González (Representante), M. T. Macías Domínguez, B. Robles Atienza, E. Vañó Carruana
Estados Unidos de América	F. A. Mettler Jr. (Representante), L. R. Anspaugh, J. D. Boice Jr., N. H. Harley, E. V. Holahan Jr., R. J. Preston
Federación de Rusia	M. Kiselev (Representante), A. Akleyev, R. Alexakhin, T. Azizova, V. Ivanov, N. Koshurnikova, A. Koterov, I. Kryshev, B. Lobach, O. Pavlovskiy, A. Rachkov, S. Romanov, A. Sazhin, S. Shinkarev
Finlandia	S. Salomaa (Representante), A. Auvinen, E. Salminen

---

Francia	L. Lebaron-Jacobs (Representante), A. Rannou (Representante), E. Ansoborlo, M. Bourguignon, J.-R. Jourdain, F. Ménétrier, M. Tirmarche
India	K. B. Sainis (Representante), B. Das, P. C. Kesavan, Y. S. Mayya, K. S. Pradeepkumar
Indonesia	S. Widodo (Representante), Z. Alatas, G. B. Prajogi, G. Witono, B. Zulkarnaen
Japón	Y. Yonekura (Representante), S. Akiba, T. Aono, N. Ban, M. Chino, K. Kodama, M. Kowatari, M. Nakano, O. Niwa, K. Ozasa, S. Saigusa, G. Suzuki, T. Takahashi, Y. Yamada, H. Yamagishi
México	J. Aguirre Gómez (Representante)
Pakistán	M. Ali (Representante), Z. A. Baig
Perú	A. Lachos Dávila (Representante), B. M. García Gutiérrez
Polonia	M. Waligórski (Representante), L. Dobrzyński, M. Janiak, M. Kruszewski
Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte	J. Harrison (Representante), J. Cooper (Representante), S. Bouffler, J. Simmonds, R. Wakeford
República de Corea	K.-W. Cho (Representante), S. H. Na (Representante), K.-H. Do, D.-K. Keum, J.-I. Kim, J. K. Lee, S. Y. Nam
Sudán	M.A.H. Eltayeb (Representante), I. Salih Mohamed Musa (Representante), E.A.E. Ali (Representante)
Suecia	L. Hubbard (Representante), L. Moberg (Representante), A. Almén, L. Gedda, J. Johansson Barck-Holst
Ucrania	D. Bazyka (Representante)

## Apéndice II

### **Personal científico y consultores que cooperaron con el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas en la preparación del informe científico del Comité correspondiente a 2013**

G. N. Kelly

V. Golikov

L. S. Constine

H. D. Nagel

D. Nosske

R. Shore

### **Secretaría del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas**

M. J. Crick

F. Shannoun

H. Yasuda (adscrito)