



Naciones Unidas

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

**63° período de sesiones
(27 de junio a 1 de julio de 2016)**

**Asamblea General
Documentos Oficiales
Septuagésimo primer período de sesiones
Suplemento núm. 46**

Asamblea General
Documentos Oficiales
Septuagésimo primer período de sesiones
Suplemento núm. 46

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

**63° período de sesiones
(27 de junio a 1 de julio de 2016)**



Naciones Unidas • Nueva York, 2016

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 63° período de sesiones | 2 |
| A. Evaluaciones realizadas | 2 |
| B. Programa de trabajo actual | 3 |
| 1. Novedades posteriores al informe de 2013 del Comité sobre los 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 | 3 |
| 2. Epidemiología del cáncer asociado a la exposición a bajas tasas de dosis debida a la radiación ambiental | 4 |
| 3. Evaluaciones de los efectos en la salud y la inferencia de riesgos derivados de la exposición a la radiación | 5 |
| 4. Recopilación de datos sobre la exposición a las radiaciones, en particular las exposiciones médica y ocupacional | 5 |
| 5. Actividades de divulgación | 6 |
| C. Directrices estratégicas de largo plazo | 6 |
| D. Programa de trabajo futuro | 8 |
| E. Cuestiones administrativas | 9 |
| III. Informe científico | 10 |
| A. Metodología empleada para estimar la exposición a la que está sometida la población debida a los vertidos radiactivos | 10 |
| B. Exposición a la radiación debida a la producción de energía eléctrica | 11 |
| C. Efectos biológicos de determinados emisores internos | 15 |
| Apéndices | |
| I. Miembros de las delegaciones nacionales que asistieron a los períodos de sesiones 57° a 63° 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 2016 | 21 |

Capítulo I

Introducción

1. Desde que fue establecido por la Asamblea General en su resolución 913 (X), de 3 de diciembre de 1955, el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas 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 ambiente¹. En cumplimiento de su mandato, el Comité examina y evalúa a fondo el grado de exposición a las radiaciones a escala mundial y regional. También evalúa los indicios que pueda haber de los efectos de la radiación en la salud de los grupos expuestos, así como los avances en el conocimiento de los mecanismos biológicos mediante los que 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, de los trabajadores y de los pacientes contra las radiaciones ionizantes²; 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, la radiación procedente del espacio ultraterrestre y el gas radón que emana de rocas de la Tierra) y de fuentes de origen artificial (como los procedimientos médicos de diagnóstico y las intervenciones terapéuticas; el material radiactivo resultante de los ensayos de armas nucleares; la producción de energía, especialmente mediante energía nuclear; fenómenos imprevistos como el accidente de la central nuclear de Chernóbil ocurrido en 1986 y el acontecido en el Japón oriental a consecuencia del gran terremoto y el tsunami acaecidos en marzo de 2011; y los lugares de trabajo donde puede haber una mayor exposición a la radiación procedente de fuentes de origen artificial o natural).

¹ El Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas fue creado 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 se componía originalmente de 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 hasta un máximo de 21 el número de miembros del Comité e invitó a China a incorporarse a este. En su resolución 66/70, de 9 de diciembre de 2011, la Asamblea aumentó el número de Estados miembros del Comité a 27 e invitó a Belarús, España, Finlandia, el Pakistán, la República de Corea y Ucrania a formar parte del Comité.

² Por ejemplo, las normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, actualmente copatrocinadas por la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos, la Comisión Europea, el Organismo Internacional de Energía Atómica, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, la Organización Internacional del Trabajo, la Organización Mundial de la Salud, la Organización Panamericana de la Salud y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Capítulo II

Deliberaciones del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas en su 63° período de sesiones

3. El Comité celebró su 63° período de sesiones del 27 de junio al 1 de julio de 2016 en Viena³. Yoshiharu Yonekura (Japón), Presidente; John Hunt (Brasil), Peter Jacob (Alemania) y Hans Vanmarcke (Bélgica), Vicepresidentes; y Michael Waligórski (Polonia), Relator, integraron la Mesa del Comité.

4. El Comité tomó nota de la resolución 70/81 de la Asamblea General relativa a los efectos de las radiaciones atómicas. Recordó que había previsto informar sobre sus directrices estratégicas a largo plazo para después del período que abarcaba su actual plan estratégico (2014-2019), a fin de que pudieran tenerse en cuenta en las futuras deliberaciones de la Asamblea sobre la composición del Comité.

A. Evaluaciones realizadas

5. El Comité examinó en detalle cuatro evaluaciones sustantivas, aprobó el informe científico basado en las conclusiones de esas evaluaciones (véase el capítulo III) y solicitó que los anexos científicos se publicaran en la forma habitual con las modificaciones acordadas.

6. En su 56° período de sesiones, el Comité decidió empezar a elaborar nuevas estimaciones de la exposición del ser humano a las radiaciones ionizantes debida a la producción de electricidad. Así pues, decidió examinar y actualizar la metodología utilizada anteriormente para estimar la exposición de la población derivada de los vertidos, publicada en su informe de 2000. El Comité examinó el anexo científico en que figuraba la metodología actualizada y los libros de trabajo electrónicos conexos, y aprobó su publicación.

7. El Comité recordó que los progresos realizados en relación con el anexo científico sobre la exposición a las radiaciones debida a la producción de electricidad se habían visto dificultados, entre otros motivos, por las lagunas existentes en los datos disponibles sobre la exposición ocupacional y las emisiones relacionadas con la electricidad procedente de fuentes de energía no nuclear. Ello contrastaba con la gran cantidad de datos disponibles sobre la industria nuclear, si bien estos seguían siendo un tanto deficientes en lo que atañía al desmantelamiento y a otros aspectos de la última fase del ciclo del combustible nuclear. En los casos en que no se disponía de datos precisos, la evaluación se llevó a cabo partiendo de hipótesis razonables y transparentes. En 2015 se utilizaron los libros de trabajo electrónicos para la aplicación de la metodología a fin de evaluar de forma internamente coherente la exposición de la población a la radiación debida a diversos tipos de producción de energía eléctrica.

³ Asistieron al 63° período de sesiones los observadores del Organismo Internacional de Energía Atómica, la Organización Internacional del Trabajo, la Organización Mundial de la Salud, la Unión Europea, el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer, la Comisión Internacional de Protección Radiológica y la Comisión Internacional de Unidades y Medidas Radiológicas.

8. En las deliberaciones sobre su programa de trabajo futuro mantenidas en su 56° período de sesiones, celebrado del 10 al 18 de julio de 2008, el Comité había decidido empezar a ocuparse del examen de las dosis de radiación y de los riesgos y efectos debidos a los radionúclidos depositados internamente. En su 57° período de sesiones, celebrado del 16 al 20 de agosto de 2010, el Comité también había decidido centrar su labor en el tritio y los radioisótopos del uranio. En el actual período de sesiones, el Comité convino en que la revisión bibliográfica había concluido, el material se había simplificado y armonizado estructuralmente, y se habían extraído conclusiones finales del material evaluado. Por consiguiente, el Comité aprobó la publicación de las evaluaciones.

B. Programa de trabajo actual

1. Novedades posteriores al informe de 2013 del Comité sobre los 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

9. El Comité se refirió a su evaluación de la exposición y los efectos debidos al accidente nuclear tras el sismo y tsunami de gran magnitud ocurridos en la zona oriental del Japón en 2011, presentada en su informe a la Asamblea General en su 68° período de sesiones, celebrado en 2013 (A/68/46), y en los anexos científicos detallados que lo complementaban⁴. En ese informe el Comité había concluido que, en general, las dosis eran bajas y, por tanto, era probable que los riesgos asociados también lo fueran. Era probable que las tasas de cáncer se mantuvieran estables. No obstante, si bien en el informe el Comité había señalado que existía la posibilidad de que aumentara el riesgo de cáncer de tiroides en los niños más expuestos a la radiación, también indicaba que podía descartarse la probabilidad de que en la prefectura de Fukushima se registrase un gran número de casos de cáncer de tiroides inducidos por la radiación, como había ocurrido tras el accidente de Chernóbil, pues las dosis absorbidas por la tiroides tras el accidente de Fukushima eran considerablemente inferiores. El Comité había llegado a la conclusión de que era poco probable que hubiera cambios apreciables en la incidencia de defectos congénitos y enfermedades hereditarias, y de que los efectos en los ecosistemas terrestres y marinos serían transitorios y localizados. Se preveía que las tasas de cáncer entre los trabajadores se mantuvieran estables.

10. Tras la evaluación, el Comité concertó distintas actividades de seguimiento a fin de mantenerse al corriente de la información complementaria pertinente que se publicase. En el informe del Comité correspondiente a su 62° período de sesiones, presentado a la Asamblea General en su septuagésimo período de sesiones, figuraban las conclusiones derivadas de las actividades de seguimiento que se habían realizado hasta esa fecha.

11. El Comité siguió encontrando información complementaria divulgada hasta finales de 2015 y examinó de forma sistemática las nuevas publicaciones de interés a fin de determinar en qué medida podían repercutir en el informe de 2013. Una de las publicaciones más destacadas que cabe mencionar es el informe del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) sobre el accidente de la central nuclear de

⁴ Publicación de las Naciones Unidas, núm. de venta E.14.IX.1.

Fukushima Daiichi⁵, en el que se describe el accidente, sus causas, su evolución y sus consecuencias a partir del análisis de información y datos procedentes de un gran número de fuentes disponibles en el momento en que se redactó. Ese informe y una buena parte de las nuevas publicaciones corroboraron las principales hipótesis y conclusiones recogidas en el informe del Comité correspondiente a 2013. Ninguna de las publicaciones afectaba de forma significativa las principales conclusiones del informe de 2013 ni cuestionaba ninguna de las hipótesis importantes en él formuladas. En el caso de varias publicaciones, se consideró que era necesario hacer análisis más exhaustivos o seguir investigando para obtener pruebas más concluyentes. Teniendo en cuenta el material examinado, en ese momento el Comité no consideró necesario modificar sus conclusiones generales. No obstante, algunos de los aspectos que a juicio del Comité debían seguir analizándose, aún no habían sido estudiados a fondo por la comunidad científica.

12. El Comité prevé seguir localizando y examinando sistemáticamente la información nueva que se haga pública sobre el accidente, y evaluar de forma periódica las conclusiones en sus períodos de sesiones anuales. También tiene previsto colaborar activamente con los responsables de la formulación y ejecución de los principales programas de investigación en el Japón y con los encargados de asesorar al respecto, a fin de integrar de forma inmediata las cuestiones que surjan y poner de relieve los temas que requieran un mayor estudio. A su debido momento, dependiendo de las conclusiones alcanzadas, el Comité también considerará la necesidad de actualizar su informe de 2013.

13. El Comité pidió a la secretaría que, en función de los recursos disponibles, publicara las conclusiones de su examen sistemático de la nueva bibliografía científica en una edición en inglés no destinada a la venta y que promoviera su publicación en japonés.

2. Epidemiología del cáncer asociado a la exposición a bajas tasas de dosis debida a la radiación ambiental

14. El Comité examinó los progresos realizados con relación a la evaluación de estudios epidemiológicos de la incidencia de cáncer relacionado con la exposición a fuentes de radiación ambiental a tasas de dosis bajas. Reconoció que el examen científico había mejorado considerablemente. Asimismo, acogió con satisfacción la elaboración de un apéndice sobre los criterios de calidad aplicables a los exámenes de estudios epidemiológicos del Comité. El Comité pidió que se armonizaran el examen científico y los criterios de calidad. También pidió que se elaborase el apéndice para publicarlo como anexo independiente, dado que su ámbito de aplicación era más amplio, y esperaba que en su 64º período de sesiones se aprobase la publicación del examen y de los criterios de calidad.

⁵ Organismo Internacional de Energía Atómica. *The Fukushima Daiichi Accident, Report by the Director General* (GC 59/14) y los volúmenes técnicos 1 a 5.

3. Evaluaciones de los efectos en la salud y la inferencia de riesgos derivados de la exposición a la radiación

15. El Comité examinó los progresos realizados en la evaluación de determinados efectos en la salud y la inferencia de riesgos debidos a la exposición a radiaciones ionizantes. Se propusieron cuatro hipótesis de estudio a partir de criterios convenidos y revisiones bibliográficas preliminares: leucemia por exposición a dosis bajas; riesgo de cáncer sólido por exposición aguda y prolongada; riesgo de cáncer de tiroides por exposición a las radiaciones durante la infancia o la adolescencia; y riesgo de enfermedad circulatoria por exposición aguda y prolongada. El Comité esperaba que las evaluaciones se realizaran según los criterios de calidad aplicables a los exámenes de estudios epidemiológicos del Comité y preveía que las evaluaciones preliminares se examinarían en el 64° período de sesiones.

4. Recopilación de datos sobre la exposición a las radiaciones, en particular las exposiciones médica y ocupacional

16. El Comité tomó nota de un informe preparado por la secretaría sobre los progresos realizados en la recopilación, el análisis y la difusión de datos sobre la exposición a las radiaciones, en particular las exposiciones médica y ocupacional. El Comité acogió con beneplácito que la Asamblea General, en su resolución 70/81, había alentado a los Estados Miembros a que designaran a una persona de contacto a nivel nacional para facilitar la coordinación de la recopilación y presentación de datos sobre la exposición de la población, los trabajadores y los pacientes. Cuando se celebró el 63° período de sesiones del Comité, 51 Estados Miembros habían designado a personas de contacto a nivel nacional.

17. En 2014 la secretaría había puesto en funcionamiento una plataforma en línea para la recopilación de datos sobre la exposición médica y había invitado a todos los Estados Miembros a que participaran en el Estudio Mundial sobre el Uso de Radiaciones y la Exposición a Radiaciones en el Ámbito Médico iniciado por el Comité. Con vistas al Estudio, había promovido una intensa cooperación con el OIEA, la Organización Mundial de la Salud y la Asociación Internacional de Protección contra las Radiaciones. Si bien 20 países habían presentado sus primeros datos sobre la exposición médica, no toda la información aportada era exhaustiva. Como hasta ese momento la tasa de respuesta era relativamente baja y debido a las demoras producidas por los cambios introducidos en la plataforma administrativa y financiera de las Naciones Unidas (Umoja), el plazo para presentar los datos se prorrogaría hasta mayo de 2017. El Comité pidió a la secretaría que preparase una primera evaluación de los resultados que incluyera una revisión detallada de la bibliografía, a fin de examinarla en su 64° período de sesiones. También le pidió que agilizara el estudio sobre la exposición ocupacional, y que para ello promoviera una estrecha colaboración con la Organización Internacional del Trabajo y otros órganos pertinentes, así como que empezara a trabajar detalladamente en la definición y recopilación de datos sobre la exposición de la población a la radiación procedente de fuentes naturales y artificiales.

5. Actividades de divulgación

18. El Comité tomó nota de un informe preparado por la secretaría sobre los progresos realizados con relación a las actividades de divulgación. Reconoció en particular la labor realizada en el Japón para difundir el informe del Comité correspondiente a 2013 sobre los niveles y los efectos de la exposición a la radiación debida al accidente de Fukushima Daiichi y el libro blanco sobre la evolución de la situación desde la presentación de ese informe. Asimismo, hizo notar que la Asamblea General había alentado a la secretaría a que siguiera informando a la población de los resultados de los estudios. El Comité también acogió con satisfacción las actividades de divulgación realizadas con motivo del 60° aniversario de la creación del Comité, el 30° aniversario del accidente de Chernóbil y el quinto aniversario del accidente nuclear acaecido en el Japón. Se publicó en inglés una versión actualizada de *Radiation: Effects and Sources*, del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), cuya finalidad es servir de guía científica básica a la población sobre los efectos y las fuentes de radiación; está prevista su edición en otros idiomas. La secretaría también preparó, como útil instrumento de referencia, un dispositivo de memoria USB con todas las publicaciones y resoluciones del Comité relacionadas con sus actividades, en todos los idiomas oficiales de las Naciones Unidas en que estaban disponibles.

19. En lo que respecta al 60° aniversario del Comité, el Alcalde y Gobernador de Viena ofreció una recepción en el ayuntamiento de la ciudad a la que fueron invitados dignatarios, científicos y diplomáticos. El Secretario General de las Naciones Unidas, Ban Ki-moon, envió un mensaje en vídeo para la ocasión, en el que declaró lo siguiente: “El Comité siempre ha adoptado un enfoque independiente e imparcial, desde el decenio de 1950 cuando examinaba la importancia de los desechos radiactivos hasta hoy en día en sus estudios sobre los efectos de la radiación en el genoma humano. Esto es esencial cuando se trata de cuestiones que a menudo tienen un gran significado emocional y político”. Otros oradores intervinieron para transmitir mensajes de los jefes de sus organizaciones, como en el caso de la Organización Mundial de la Salud, el OIEA, la Comisión Preparatoria de la Organización del Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares y el PNUMA. En los mensajes se encomiaron los conocimientos especializados y la independencia que el Comité había demostrado en sus estudios científicos, se elogiaron sus esfuerzos por dar a conocer sus conclusiones científicas a un público más amplio y se lo alentó a que intensificara aún más esos esfuerzos.

C. Directrices estratégicas de largo plazo

20. El Comité examinó sus directrices estratégicas de largo plazo para después del período que abarca su actual plan estratégico (2014-2019). Tomó nota del informe del Secretario General sobre la repercusión del aumento del número de miembros del Comité a 27 Estados y posibles criterios para abordar nuevos aumentos, presentado a la Asamblea General en su sexagésimo noveno período de sesiones (véase el documento A/69/350). El Comité también tomó nota de la resolución 70/81 de la Asamblea General sobre los efectos de las radiaciones atómicas, en la que la Asamblea pidió al Secretario General que le presentara, en su septuagésimo segundo período de sesiones, una lista de los Estados Miembros que

hubieran expresado interés particular en ser miembros del Comité entre los períodos de sesiones sexagésimo sexto y septuagésimo segundo.

21. El Comité tiene previsto centrar su labor futura principalmente en las esferas científicas siguientes:

a) mejorar la evaluación de los niveles de exposición de la población en la vida cotidiana, el entorno laboral, durante intervenciones médicas y a consecuencia de un accidente;

b) mejorar la comprensión de los mecanismos que rigen la acción de la radiación y la reacción biológica a todos los niveles de organización biológica, es decir, desde el nivel molecular al nivel poblacional;

c) obtener pruebas más concluyentes sobre los efectos en la salud, en particular derivados de la exposición a bajas tasas de dosis y la exposición crónica, así como estimaciones bien fundadas de las consecuencias para la salud de la exposición de la población a la radiación.

22. El Comité también prevé que cualquier problema que surja repentinamente o cualquier hecho importante que se produzca puede dar lugar a una redefinición de las prioridades a corto o largo plazo, y a la consiguiente modificación del programa de trabajo en cada período de sesiones. Por ejemplo, recientemente el Comité reorientó su labor para poder realizar oportunamente una evaluación científica de los niveles y los efectos de la exposición a la radiación debida al accidente nuclear ocurrido en el Japón en 2011⁴.

23. El Comité estima que podrá seguir realizando evaluaciones científicas fehacientes en los ámbitos científicos ya indicados. Coincide plenamente con la opinión del Secretario General de que el principal objetivo de todo aumento del número de Estados miembros ha de ser mejorar la capacidad del Comité para llevar a cabo su labor científica. El Comité sitúa en unos 30 el número máximo de Estados miembros que su secretaría, con su tamaño actual, podría atender adecuadamente sin dejar de prestar apoyo a la labor científica del Comité. Cualquier aumento por encima de ese número exigirá un mayor incremento de los recursos humanos de la secretaría (véanse los párrafos 35 y 40 del documento A/69/350).

24. Por consiguiente, el Comité considera que cualquier debate sobre su composición debería centrarse en la capacidad de este para seguir realizando evaluaciones científicas bien fundamentadas y en la capacidad de la secretaría para ayudarlo en esa labor. Sin embargo, dado que la base de datos científicos es cada vez mayor, podría ser necesario aplicar una serie de estrategias que permitieran apoyar los esfuerzos del Comité destinados a atender las necesidades de la comunidad científica, así como de grupos más amplios. Esas estrategias también podrían permitir la participación de científicos que actualmente no son miembros del Comité. Hay ejemplos de mecanismos similares que han facilitado la labor del Comité y solamente han supuesto un aumento menor o desdeñable del volumen de trabajo de la secretaría.

25. Al tiempo que reconoce la importancia de incluir a todos los Estados Miembros en la aplicación de las estrategias del Comité, las deliberaciones futuras y la elaboración de documentos científicos, entre otras cosas, y tiene debidamente en cuenta los recursos disponibles, el Comité podría considerar la posibilidad de incluir los siguientes elementos en las estrategias a las que se hace referencia en el párrafo anterior:

a) crear grupos de trabajo permanentes centrados en ámbitos como las fuentes y la exposición, o los efectos en la salud y en el medio ambiente;

b) invitar, de forma puntual, a científicos de otros Estados Miembros de las Naciones Unidas a que participen en las evaluaciones en las esferas antes mencionadas;

c) redoblar los esfuerzos del Comité para presentar sus evaluaciones y los resúmenes de estas de manera atractiva para el lector, sin comprometer su rigor científico y su integridad;

d) establecer contacto directo con otros órganos internacionales pertinentes para evitar la duplicación de esfuerzos en la medida de lo posible, al tiempo que mantiene su función rectora como entidad encargada de elaborar y presentar evaluaciones científicas fidedignas a la Asamblea General.

26. En los próximos períodos de sesiones, el Comité se esforzará por poner en marcha las estrategias que acaban de mencionarse.

D. Programa de trabajo futuro

27. El Comité examinó los planes preliminares para llevar a cabo cinco proyectos y dos actividades de menor envergadura. Los cinco temas para los que se propusieron proyectos son: a) recidiva del cáncer tras administrar radioterapia; b) evaluación de los efectos en la biota de la exposición a la radiación debida a la actividad de la industria nuclear; c) mecanismos biológicos que pueden influir en los efectos en la salud derivados de la exposición a la radiación a bajas dosis; d) efectos de la exposición al radón en las viviendas y los lugares de trabajo; y e) estudios epidemiológicos sobre la radiación y el cáncer. Tras examinar el programa de trabajo actual y la capacidad propia y de su secretaría, el Comité decidió:

a) emprender proyectos sobre los temas c) y d) en 2016 y centrar el proyecto sobre el tema c) en el cáncer y los efectos hereditarios;

b) emprender en 2017 un proyecto sobre la propuesta del tema e) a partir de una versión elaborada por la delegación de los Estados Unidos de América;

c) pedir a la delegación de Francia que preparase material de trabajo para examinar más a fondo la propuesta del tema a) con miras a aceptarla en 2017.

28. El Comité también pidió a la secretaría que elaborase un documento breve sobre la opinión científica de este acerca del factor de eficacia de dosis y tasa de dosis, y otro sobre la evaluación de los datos relativos al cáncer de tiroides en las regiones afectadas por el accidente de la central nuclear de Chernóbil de 1986, con el fin de examinarlos y aceptarlos en su 64^o período de sesiones.

E. Cuestiones administrativas

29. El Comité reconoció que, dada la necesidad de seguir trabajando a un ritmo intenso, en particular en lo que respecta a la creación de bases de datos sobre la exposición, así como con el fin de mejorar la divulgación de sus conclusiones entre la población en todos los idiomas oficiales de las Naciones Unidas además de en inglés, era fundamental que se asumiera el compromiso de realizar contribuciones voluntarias periódicas al fondo fiduciario general establecido por el Director Ejecutivo del PNUMA. El Comité sugirió que la Asamblea General alentara a los Estados Miembros a que estudiaran la posibilidad de hacer periódicamente promesas de contribuciones voluntarias al fondo fiduciario general con ese fin o de hacer contribuciones en especie.

30. El Comité convino en celebrar su 64º período de sesiones del 29 de mayo al 2 de junio de 2017 en Viena, y eligió a los nuevos miembros de la Mesa que se encargarían de orientar su labor en los períodos de sesiones 64º y 65º: Hans Vanmarcke (Bélgica), Presidente; Peter Jacob (Alemania), Patsy Thompson (Canadá), Michael Waligórski (Polonia), Vicepresidentes; y Gillian Hirth (Australia), Relatora.

Capítulo III

Informe científico

31. En cuatro anexos científicos (publicados por separado) se expone el fundamento de las conclusiones que figuran a continuación.

A. Metodología empleada para estimar la exposición a la que está sometida la población debida a los vertidos radiactivos

32. El Comité ha elaborado periódicamente estimaciones de la exposición a la que está sometida la población debida al vertido de material radiactivo al medio ambiente en el curso del funcionamiento normal, principalmente, de instalaciones del ciclo del combustible nuclear. En todas y cada una de esas ocasiones, el Comité examinó la metodología utilizada para estimar la exposición a la luz de los avances científicos, y la revisó, cuando fue necesario. El Comité decidió actualizar y ampliar las evaluaciones de la exposición del ser humano a las radiaciones ionizantes debida a la producción de electricidad que había realizado en el pasado. Así pues, el Comité ha examinado y actualizado la metodología utilizada anteriormente para estimar la exposición de la población derivada de los vertidos, que se había publicado en su informe de 2000. Debido a la necesidad de aplicarla con más flexibilidad en función de los distintos tipos de producción de electricidad y en aras de una mayor transparencia, la metodología se actualizó para que los resultados obtenidos de las estimaciones de las dosis de radiación se refirieran específicamente al vertido de cada radionúclido importante.

33. La metodología actualizada puede utilizarse para estimar las dosis características individuales y colectivas resultantes del vertido de efluentes a la atmósfera, los ríos y los lagos, y el mar. Las dosis características individuales indican las dosis recibidas por un individuo que viva en los alrededores de un punto de emisión. La dosis colectiva es el producto de la dosis media absorbida por un grupo de población determinado expuesto a una fuente concreta, por el número de individuos de esa población, integrado en un periodo de tiempo definido. En otras palabras, por dosis colectiva se entiende la dosis combinada que reciben todos los miembros de una población concreta a lo largo de un período de tiempo definido. Ahora bien, las dosis calculadas son mediciones que se utilizan únicamente para comparar distintas fuentes de exposición, y no para estimar las consecuencias para la salud. Además, la metodología solamente se aplica a los vertidos habituales que se considera que se efectúan con regularidad; para evaluar la exposición debida a emisiones accidentales se necesita una metodología más compleja.

34. Los vertidos radiactivos pueden dar lugar a la exposición de la población de varias maneras. En la metodología actualizada se tienen en cuenta las más importantes: la exposición a radionúclidos que están fuera del organismo humano, es decir, presentes en la atmósfera y en el suelo; y la exposición a radionúclidos que están dentro del organismo humano al haberse introducido en él por inhalación o ingestión. Con el fin de poder estimar la exposición asociada a la producción de electricidad, tanto mediante energía nuclear como no nuclear, se amplió la metodología para abarcar un extenso espectro de radionúclidos. En la metodología

se utilizan modelos basados en datos experimentales y otras observaciones hechas sobre el terreno para estimar la transferencia de radionúclidos por el medio ambiente y, así, hallar la exposición resultante a la que está sometida la población. Con la metodología actualizada se ha empezado a tener en cuenta una nueva vía de exposición que antes no se había considerado, a saber, la ingestión de alimentos procedentes de cultivos irrigados con aguas que contienen radionúclidos a consecuencia de los vertidos realizados en aguas dulces.

35. En el pasado, se utilizaban los valores medios mundiales relativos a la densidad de población y el consumo de alimentos porque se consideraba que eran suficientes para estimar la exposición mundial derivada de la actividad de las instalaciones nucleares. Sin embargo, existen centrales no nucleares por todo el mundo, y la densidad de población y el consumo de alimentos varía mucho en su entorno. Por consiguiente, el Comité ha decidido introducir factores regionales. Con todo, las regiones examinadas siguen siendo muy extensas y sería preciso adoptar otros enfoques para llevar a cabo evaluaciones de cada lugar por separado. La exposición se estima utilizando una serie de modelos matemáticos, para los que el Comité ha elegido valores parametrizados mediante los que se obtienen estimaciones objetivas. Ello contrasta con los enfoques más prudentes que suelen adoptarse con fines normativos, con arreglo a los que se seleccionan determinados valores para sobreestimar deliberadamente la exposición.

36. Al igual que ocurría antes, sigue siendo posible estimar las dosis colectivas recibidas por distintas poblaciones a escala local, regional y mundial, según proceda. Además, la metodología proporciona información sobre las dosis colectivas recibidas por distintos grupos de población, tras haber estado expuestos durante un año al vertido continuo de efluentes a la atmósfera, en función de la distancia al punto de emisión. Actualmente, se dispone de estimaciones de las dosis colectivas recibidas por la población mundial integradas en períodos de 100, 500 y 10.000 años.

37. La metodología se ha plasmado en una serie de libros de trabajo electrónicos a fin de proporcionar transparencia y facilitar su uso y revisión por el Comité en estudios futuros. Los libros de trabajo contienen información sobre las vías de exposición y los radionúclidos más importantes, y pueden descargarse en el sitio web del Comité (www.unscear.org).

38. El Comité está convencido de que la metodología actualizada expuesta en los libros de trabajo es robusta, parte de la sólida base aportada por versiones anteriores y es adecuada para estimar la exposición a la que están sometidos distintos grupos de población a escala regional y mundial derivada de los vertidos habituales de radionúclidos en diversos entornos.

B. Exposición a la radiación debida a la producción de energía eléctrica

39. La combinación de tecnologías que se utiliza en el mundo para producir electricidad ha variado a lo largo del tiempo en respuesta a la situación climática, ambiental, política y económica, y a los recursos disponibles. Los gobiernos y los investigadores llevan a cabo periódicamente estudios comparativos que, entre otras cosas, tienen en cuenta los efectos de distintas tecnologías en la población, los trabajadores y el medio ambiente. La exposición a la radiación ionizante no es

más que uno de los muchos factores que puede tenerse en cuenta en esas evaluaciones. Sin embargo, el Comité considera que la actualización y ampliación de las evaluaciones realizadas en el pasado de la exposición a la radiación de la población y de los trabajadores debido a la producción de energía eléctrica podría ser una fuente de información de utilidad para esos estudios.

40. Si bien la exposición a la radiación a la que están sometidos los trabajadores y la población debida a la producción de electricidad a partir de la energía nuclear ha suscitado interés desde que empezó a utilizarse esa tecnología, la exposición a la radiación derivada del empleo de otras tecnologías de generación de electricidad no ha sido objeto de estudios tan exhaustivos. El Comité ha examinado periódicamente la exposición de la población y los trabajadores asociada a la producción eléctrica a partir de la energía nuclear, y también ha llevado a cabo evaluaciones con relación a otras formas de producción de electricidad, aunque en menor medida⁶. En esas evaluaciones se han aplicado distintas metodologías y se han utilizado datos procedentes de actividades industriales ajenas al sector nuclear, que, por lo general, no se supervisan o notifican de forma sistemática, lo que ha dificultado que puedan hacerse comparaciones significativas de la exposición a la radiación derivada de las distintas tecnologías de producción de energía eléctrica.

41. Si bien la evaluación de las dosis colectivas debidas a accidentes quedaba fuera del ámbito de los estudios de la exposición a la radiación de la población y de los trabajadores asociada a la producción de energía eléctrica, el Comité llevó a cabo valoraciones de accidentes ocurridos en el pasado en su informe de 2008; del accidente de Chernóbil en sus informes de 1988, 2000 y 2008; y del accidente nuclear de Fukushima Daiichi en su informe de 2013. Es difícil hacer comparaciones directas entre la exposición debida a un accidente y la exposición derivada de los vertidos habituales. Una de las razones es que la distribución de las dosis que recibe la población inmediatamente después de un accidente está mucho más localizada geográficamente, mientras que las dosis colectivas derivadas del funcionamiento normal de una central productora de electricidad están distribuidas de forma más homogénea entre la población a nivel regional y mundial. No obstante, las dosis colectivas recibidas por la población mundial a consecuencia de accidentes graves como los ocurridos en las centrales nucleares de Chernóbil y Fukushima Daiichi eran de una magnitud muy superior a las dosis colectivas que recibía la población mundial derivadas del funcionamiento normal durante un año de las instalaciones de producción eléctrica que utilizaban tecnologías relevantes, según el estudio realizado.

⁶ *Sources and Effects of Ionizing Radiation — 1977 Report to the General Assembly, with Annexes* (publicación de las Naciones Unidas, núm. de venta E.77.IX.1); *Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects — 1982 Report to the General Assembly, with Annexes* (publicación de las Naciones Unidas, núm. de venta E.82.IX.8); *Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation — 1988 Report to the General Assembly, with Annexes* (publicación de las Naciones Unidas, núm. de venta E.88.IX.7); *Sources and Effects of Ionizing Radiation — 1993 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes* (publicación de las Naciones Unidas, núm. de venta E.94.IX.2); y *Sources and Effects of Ionizing Radiation — 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, Volume I: Sources*, (publicación de las Naciones Unidas, núm. de venta E.00.IX.3).

42. Como ya se ha señalado, el Comité ha actualizado su metodología para estimar la exposición de la población debida a vertidos radiactivos. La metodología empleada ahora es más flexible, y puede tener en cuenta un espectro más amplio de tecnologías de producción de energía eléctrica. Además de incluir un análisis exhaustivo de los datos disponibles, la metodología actualizada proporciona al Comité una base más sólida para realizar estudios comparativos de lo que antes era posible. Paralelamente, el Comité también revaluó la exposición ocupacional derivada de diferentes tecnologías de producción de electricidad, a partir de datos procedentes principalmente de registros dosimétricos de trabajadores expuestos. Esas evaluaciones constituyen la base del actual estudio comparativo de la exposición a la radiación de la población y los trabajadores asociada a la generación de electricidad.

43. El Comité llevó a cabo el estudio comparativo mediante el análisis de las fuentes de exposición utilizadas en distintas tecnologías de producción eléctrica basadas en la energía nuclear; la combustión de carbón, gas natural, petróleo y biocombustible; y la energía geotérmica, eólica y solar. Se analizaron a fondo dos tecnologías de producción eléctrica (la energía nuclear y la combustión de carbón) porque se disponía de una base de datos más sólida de cada una de ellas. El Comité evaluó las principales fuentes de vertidos radiactivos asociadas a su ciclo de vida. En lo que respecta al ciclo de vida de la energía nuclear, entre las fuentes de vertidos radiactivos figuraban la extracción de uranio, el molido y los residuos de fábrica, el funcionamiento de las centrales nucleares y las actividades de reprocesamiento. En cuanto al ciclo de vida asociado a la combustión de carbón, cabe mencionar la extracción de carbón, el funcionamiento de las centrales eléctricas de carbón (tanto modernas como convencionales) y los depósitos de cenizas de carbón. Para simplificar nos referiremos a esos ciclos como “ciclo del combustible nuclear” y “ciclo del carbón”, respectivamente.

44. Con el fin de comparar los niveles de exposición, el Comité se centró en dos mediciones. En primer lugar, se midieron las dosis colectivas recibidas por determinados grupos de población, derivadas de la generación de electricidad a lo largo de un año a nivel mundial y a nivel regional por cada una de las tecnologías, integradas en períodos de tiempo específicos. La segunda medición se halló dividiendo las dosis colectivas pertinentes entre la cantidad de electricidad producida por cada tecnología. El año de referencia utilizado para hacer las comparaciones fue 2010.

45. El Comité estimó que el ciclo de carbón contribuía en más de la mitad a la dosis colectiva total recibida por la población a nivel local y regional derivada de los vertidos generados por la producción mundial de electricidad durante un solo año. Esa estimación partió del supuesto de que los vertidos procedían de plantas de carbón modernas. Por otro lado, el ciclo del combustible nuclear representó menos de la quinta parte. La contribución del ciclo del carbón procede de las emisiones de radionúclidos naturales (principalmente radón y sus descendientes radiactivos) derivadas de la extracción de carbón, la combustión de carbón en las centrales eléctricas y los depósitos de cenizas de carbón. Del mismo modo, prácticamente la mitad de la exposición recibida por la población mundial asociada al ciclo del combustible nuclear procede de las emisiones de radionúclidos naturales derivadas de la extracción de uranio y las actividades de tratamiento. Esos valores dependen de la proporción en que interviene cada una de las tecnologías en la producción total

de electricidad; en 2010 el ciclo del carbón contribuyó aproximadamente en un 40%, la mayor cantidad. Si bien la contribución del radón y sus descendientes a las dosis colectivas de la población es relativamente importante, tanto en el ciclo del combustible nuclear como en el ciclo del carbón, las dosis individuales asociadas son pequeñas en relación con las dosis recibidas por inhalación de radón y sus descendientes a los niveles en que se produce de forma natural en las viviendas.

46. No obstante, el Comité halló que la contribución de una determinada tecnología a la exposición de la población mundial no dependía meramente de la cantidad de electricidad generada con esa tecnología. También había que tener en cuenta las diferencias en las dosis colectivas por unidad de electricidad producida por cada tecnología. En condiciones normales de funcionamiento, la dosis colectiva por unidad de electricidad producida derivada del ciclo del carbón era mayor que la del ciclo nuclear, y considerablemente superior a la producida por otras tecnologías evaluadas, con la excepción de la energía geotérmica. Según la escasa información disponible sobre los efluentes de radón evacuados de las plantas de energía geotérmica, la dosis colectiva por unidad de electricidad producida a partir de energía geotérmica podría ser considerable. No obstante, dado que el uso de la tecnología geotérmica no está generalizado, su contribución a la exposición a la radiación de la población mundial es inferior a la del ciclo del carbón.

47. En algunos estudios realizados con anterioridad sobre la producción de electricidad a partir de energía nuclear, se ha examinado la contribución a la exposición de la población de los radionúclidos de período largo como el carbono 14, que, una vez emitidos, se distribuyen por el planeta y siguen contribuyendo a la exposición de la población durante siglos, si bien a dosis individuales muy pequeñas. La contribución de los radionúclidos distribuidos por el planeta a las dosis colectivas de la población mundial depende de la duración del lapso de tiempo en el que se integre la dosis colectiva. La exposición de la población derivada de la emisión durante un año de los radionúclidos que se distribuyen por todo el planeta sigue aumentando progresivamente a lo largo del tiempo. Durante períodos de integración largos, como por ejemplo de cientos de años, esos radionúclidos dan lugar a dosis colectivas a la población mundial mayores en el caso del ciclo del combustible nuclear que en el del ciclo del carbón.

48. El Comité también evaluó la exposición ocupacional. La mayor dosis colectiva a los trabajadores por unidad de electricidad producida procedió de la extracción de carbón, debido a la exposición a radionúclidos naturales. De todas las dosis colectivas evaluadas recibidas tanto por la población como por los trabajadores, la exposición de los trabajadores de las minas de carbón contribuía en mayor medida, si bien esa contribución ha disminuido a lo largo del tiempo gracias a la mejora de las condiciones de extracción. La mayor dosis colectiva recibida por los trabajadores por unidad de electricidad generada procedía, con diferencia, del ciclo de la energía solar, seguida del ciclo de la energía eólica. Ello se debe a que esas tecnologías requieren grandes cantidades de metales del grupo de las tierras raras y a que la extracción de minerales de baja ley expone a los trabajadores a radionúclidos naturales durante el laboreo.

49. La dosis colectiva total por unidad de electricidad producida mediante el ciclo del carbón (es decir, la dosis combinada recibida por la población mundial y por todos los trabajadores expuestos) era superior a la del ciclo del combustible nuclear. Lo mismo ocurría si se utilizaban radionúclidos de período largo que se distribuyen

por todo el planeta con períodos de integración de más de 500 años. Al examinar la cantidad de electricidad producida en 2010 por cada tecnología, se halló que la mayor dosis colectiva combinada recibida por la población mundial y los trabajadores procedía del ciclo del carbón, seguido del ciclo del combustible nuclear. En cuanto al resto de las tecnologías, las siguientes que más contribuyeron a la exposición fueron la energía geotérmica y la combustión de gas natural.

50. Estos resultados deben interpretarse y utilizarse con gran cautela. Su única función es proporcionar información sobre la magnitud de la exposición a la radiación derivada de cada tecnología. No deben utilizarse como único elemento para determinar si una tecnología de producción de electricidad es preferible a otra. Como ya se señaló, son varios los factores que determinan la combinación de tecnologías de producción de energía que elige cada país; la exposición a la radiación no es más que uno de ellos.

C. Efectos biológicos de determinados emisores internos

51. El término “emisores internos” suele referirse a los radionúclidos depositados en órganos y tejidos del organismo humano tras haberse introducido en él, principalmente por inhalación o ingestión, aunque también puede ocurrir a través de heridas o de la piel intacta. Dependiendo del radionúclido del que se trate y de la forma fisicoquímica en que entre en el organismo, los emisores internos varían considerablemente en función del tipo, las características y la duración de las emisiones radiactivas que generen, y la energía que depositen en el interior de los órganos y tejidos, y entre ellos.

52. Es importante estudiar la exposición a los emisores internos directamente, pues la radiación de algunos radionúclidos es de corto alcance y, en diverso grado, muy ionizante. Además, la distribución de esos radionúclidos por los tejidos orgánicos puede ser desigual. Por consiguiente, la naturaleza de la dosis generada por algunos emisores internos difiere considerablemente de la dosis que produce la radiación que penetra en el organismo a partir de fuentes externas, como las bombas atómicas detonadas en Hiroshima y Nagasaki (Japón). La mayoría de los datos empíricos disponibles sobre el riesgo que entraña la radiación proceden principalmente de estudios sobre la exposición humana a las radiaciones penetrantes, mientras que son pocos los datos directos de que se dispone acerca de los efectos en la salud de la exposición interna. Por consiguiente, las dosis que reciben los órganos procedentes de emisores internos deben estimarse utilizando modelos, mientras que los factores de riesgo se obtienen a partir de estudios sobre la radiación penetrante externa. Teniendo esto en cuenta, sería muy conveniente validar las hipótesis utilizadas, obteniendo observaciones directas de grupos de población expuestos a la radiación interna de determinados radionúclidos.

53. En respuesta a las iniciativas de varios países para estimar las dosis adecuadas de tritio y de radioisótopos de uranio, y comprender los correspondientes efectos en la salud, el Comité Científico ha examinado la información pertinente sobre esos radionúclidos. En dos anexos científicos se expone el fundamento de las conclusiones del Comité que figuran en el presente documento.

54. El tritio (^3H) es un isótopo radiactivo del hidrógeno que se desintegra únicamente por emisión de partículas beta de baja energía. Se produce de forma natural, principalmente por la acción de las partículas de los rayos cósmicos en las capas altas de la atmósfera, y de forma artificial, en el curso del funcionamiento de los reactores nucleares y otras instalaciones industriales, como sustancia para la investigación biomédica y, en el pasado, como ingrediente de distintos productos de consumo. En el futuro se prevé que el tritio se utilizará a gran escala en los reactores de fusión. En el medio ambiente y en los lugares de trabajo el tritio se encuentra principalmente como agua tritiada en estado líquido o en forma de vapor. Un aspecto de la transferencia al medio ambiente y a la cadena alimentaria que justifica que se siga investigando es la acumulación de tritio en los componentes orgánicos de los alimentos, que se denomina tritio de enlace orgánico.

55. El uranio es un elemento natural que se encuentra en todas partes en el medio ambiente. El uranio natural tiene tres radioisótopos: ^{234}U , ^{235}U y ^{238}U . Esos isótopos están presentes en las rocas y en los suelos y, por lo tanto, en la dieta humana. Se desintegran principalmente por emisión de partículas alfa y tienen un período de semidesintegración muy largo. La exposición interna al uranio que afecta a los trabajadores se debe fundamentalmente a las actividades de extracción de uranio y a su uso como combustible nuclear. En la vida cotidiana, la población está expuesta, principalmente, al uranio procedente del agua potable y los alimentos. Se ha expresado preocupación por la exposición de personal militar y de miembros de la población al uranio empobrecido (mezclas de isótopos que contienen un porcentaje bajo de ^{235}U) utilizado en municiones, como hizo la Asamblea General en su resolución 69/57 sobre los efectos de la utilización de armamentos y municiones que contienen uranio empobrecido.

56. Si bien las dosis absorbidas por los órganos a consecuencia de la exposición a fuentes de radiación externas se calculan utilizando modelos anatómicos del cuerpo humano, normalmente denominados "modelos", la estimación de las dosis producidas por emisores internos requiere, además, modelos biocinéticos que describen el comportamiento de los radionúclidos tras haber entrado en el organismo, principalmente por inhalación o ingestión. Esos modelos tienen en cuenta el vapor de agua y las partículas inhaladas que se depositan en las vías respiratorias y el paso de los radionúclidos ingeridos por el tracto digestivo. Los modelos también representan la distribución posterior de los radionúclidos por los órganos y tejidos a través de la sangre, su permanencia en los lugares en que se depositan y su excreción. La fiabilidad de los modelos utilizados para estimar las dosis procedentes de cada elemento y sus radioisótopos depende de la calidad de los datos experimentales y los datos relativos al ser humano de que se disponga.

57. En lo que respecta al tritio, existen modelos de agua tritiada que permiten representar su distribución por los órganos y tejidos humanos en función de su contenido de agua. Existe menos información para elaborar modelos adecuados del comportamiento de diversas formas de tritio de enlace orgánico y otros compuestos tritiados como los aminoácidos, algunos de los cuales intervienen en la síntesis del ADN y las proteínas asociadas. La absorción de uranio depende, en parte, de si es inhalado o ingerido, y varía considerablemente en función de su forma física y química. El uranio absorbido por la sangre se acumula principalmente en el esqueleto, pero una pequeña cantidad también se retiene en los riñones durante la eliminación rápida a través de la orina de una gran parte.

58. La capacidad de los distintos tipos de radiación para provocar cáncer y otros efectos en la salud varía. Existen dos grandes categorías de radiación: los fotones y las partículas cargadas, como los electrones y las partículas alfa. La capacidad de algunos tipos de partículas cargadas para provocar cáncer por unidad de dosis absorbida suele ser mayor que la de los fotones penetrantes. La valoración de esas diferencias depende en gran medida de los datos experimentales acerca de su eficacia biológica relativa, que se define como la relación entre la dosis de radiación absorbida de una radiación de referencia y la dosis absorbida de una radiación experimental necesaria para producir el mismo efecto biológico.

59. Las publicaciones sobre los estudios realizados con relación a la eficacia biológica relativa de las emisiones beta del tritio son muy abundantes. Los valores de la eficacia biológica relativa de distintos puntos terminales biológicos oscilan desde aproximadamente el mismo valor que los rayos gamma y los rayos X hasta varias veces su valor. No obstante, la capacidad de extraer conclusiones con relación a la carcinogénesis se ve limitada debido al reducido número de estudios sobre el tema en mamíferos. La información disponible para estimar los valores de la eficacia biológica relativa de las emisiones de partículas alfa de isótopos de uranio es escasa. Sin embargo, los valores de la eficacia biológica relativa de las partículas alfa dependen de la energía y el alcance de estas y de la concentración de energía depositada en trayectorias cortas; esos valores serán independientes en gran medida del radionúclido del que se trate, salvo cuando este determine el origen de la emisión dentro de un tejido orgánico. Los valores habituales indicados de la eficacia biológica relativa de las partículas alfa en relación con los rayos gamma o los rayos X son del orden de 10 en los puntos terminales de cáncer de hígado y de pulmón; en el caso de la leucemia esos valores son inferiores.

60. Aunque es probable que los efectos tumorigénicos del uranio en animales estén relacionados con la toxicidad radiológica debida a las emisiones de partículas alfa, algunos efectos están claramente relacionados con la toxicidad química de distintos tipos de uranio, en particular en el caso de los riñones. La toxicidad química es el factor restrictivo que actualmente determina los niveles aceptables de uranio en el agua potable.

61. Si bien se ha realizado una serie de estudios epidemiológicos entre trabajadores y miembros de la población que podrían haber estado expuestos al tritio, hasta el momento, en ninguno de ellos se ha observado un aumento de la frecuencia de cáncer entre los grupos de población expuestos atribuible a la exposición a las radiaciones de tritio. Los estudios epidemiológicos llevados a cabo entre trabajadores de la industria nuclear han puesto de manifiesto que hay una leve relación entre la exposición al uranio y las tasas de cáncer de pulmón, aunque los datos no son suficientemente concluyentes como para demostrar una relación de causalidad.

62. El Comité examinó los estudios sobre los efectos en la salud del uranio empobrecido utilizado en municiones para aplicaciones militares. No se halló ninguna patología de importancia clínica asociada a la exposición de uranio empobrecido entre el personal militar o la población civil, lo que está en consonancia con lo que cabía esperar, habida cuenta de los bajos niveles de exposición medidos y evaluados.

63. El Comité reconoce que es necesario seguir llevando a cabo investigaciones y exámenes a fin de evaluar los efectos de la exposición interna. Es preciso seguir trabajando para comprender los efectos de la distribución desigual de las dosis producidas por los emisores internos en los tejidos y las células, con relación a la distribución uniforme de las dosis generadas por la exposición externa a radiaciones penetrantes. La complejidad ligada a los cambios de exposición y a la sensibilidad de los tejidos durante el desarrollo intrauterino y en las primeras etapas del desarrollo postnatal también debería ser objeto de nuevas investigaciones.

Apéndice I

Miembros de las delegaciones nacionales que asistieron a los períodos de sesiones 57° a 63° del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas

| | |
|---------------------------|---|
| Alemania | P. Jacob (Representante), W. Weiss (Representante), S. Baechler, A. Böttger, A. A. Friedl, K. Gehrcke, T. Jung, G. Kirchner, J. Kopp, R. Michel, W.-U. Müller, W. Rühm, H. Zeeb |
| Argentina | A. J. González (Representante), A. Canoba, P. Carretto, M. di Giorgio, M. G. Ermacora |
| Australia | C.-M. Larsson (Representante), C. Baggoley, M. Grzechnik, G. Hirth, P. Johnston, S. B. Solomon, R. Tinker |
| Belarús | A. Stazharau (Representante), J. Kenigsberg (Representante), A. Nikalayenka, A. Rozhko, V. Ternov, N. Vlasova |
| 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. G. Hunt (Representante), D. R. Melo (Representante), M. Nogueira Martins (Representante), D. de Souza Santos, L. Holanda Sadler Veiga, M. C. Lourenço, E. Rochedo |
| Canadá | P. Thompson (Representante), N. E. Gentner (Representante), B. Pieterse (Representante), C. Purvis (Representante), D. Boreham, K. Bundy, D. B. Chambers, J. Chen, P. Demers, S. Hamlat, R. Lane, C. Lavoie, E. Waller, D. Whillans |
| China | Pan Z. (Representante), Chen Y., Dong L., Du Y., Gao H., Li F., Lin X., Liu J., Liu S., Liu Y., Pan S., Qin Q., Song G., Su X., Sun Q., Wang Y., Xuan Y., Yang H., Yang X., Zhang W., Zhou P., Zhu M. |
| Egipto | W. M. Badawy (Representante), T. S. El-Din Ahmed Ghazey (Representante), M.A.M. Gomaa (Representante), T. Morsi |
| Eslovaquia | L. Auxtová (Representante), E. Bédi (Representante), M. Zemanová (Representante), M. Chorváth, A. Ďurecová, V. Jurina, Ž. Kantová, K. Petrová, L. Tomášek, I. Zachariášová |
| España | M. J. Muñoz González (Representante), D. Cancio, M. T. Macías Domínguez, J. C. Mora Cañadas, B. Robles Atienza, E. Vañó Carruana |
| Estados Unidos de América | R. J. Preston (Representante), F. A. Mettler Jr. (Representante), A. Ansari, L. R. Anspaugh, J. D. Boice Jr., W. Bolch, H. Grogan, N. H. Harley, E. V. Holahan Jr., B. A. Napier, D. Pawel, G. E. Woloschak |

| | |
|---|--|
| Federación de Rusia | A. Akleyev (Representante), M. Kiselev (Representante), R. Alexakhin, T. Azizova, S. Geraskin, V. Ivanov, N. Koshurnikova, A. Koterov, A. Kryshev, I. Kryshev, B. Lobach, S. Mikheenko, O. Pavlovsky, A. Rachkov, S. Romanov, A. Samoylov, A. Sazhin, S. Shinkarev |
| Finlandia | S. Salomaa (Representante), A. Auvinen, R. Bly, E. Salminen |
| Francia | L. Lebaron-Jacobs (Representante), A. Rannou (Representante), E. Ansoborlo, J.-M. Bordy, M. Bourguignon, I. Clairand, I. Dublineau Naud, A. Flüry-Hérard, J.-R. Jourdain, R. Maximilien, F. Ménétrier, E. Quémeneur, M. Tirmarche |
| India | R. A. Badwe (Representante), S. K. Apte (Representante), K. S. Pradeepkumar (Representante), K. B. Sainis (Representante), B. Das, P. C. Kesavan, Y. S. Mayya |
| Indonesia | E. Hiswara (Representante), Z. Alatas (Representante), S. Widodo (Representante), G. B. Prajogi, G. Witono, B. Zulkarnaen |
| Japón | Y. Yonekura (Representante), K. Akahane, M. Akashi, S. Akiba, T. Aono, N. Ban, M. Chino, H. Fujita, K. Kodama, M. Kowatari, M. Nakano, O. Niwa, K. Ozasa, S. Saigusa, K. Sakai, G. Suzuki, M. Takahashi, T. Takahashi, Y. Yamada, H. Yamagishi, H. Yasuda |
| México | J. Aguirre Gómez (Representante) |
| Pakistán | Z. A. Baig (Representante), M. Ali (Representante), R. Ali |
| Perú | A. Lachos Dávila (Representante), L. V. Pinillos Ashton (Representante), B. M. García Gutiérrez |
| Polonia | M. Waligórski (Representante), L. Dobrzyński, M. Janiak, M. Kruszewski |
| Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte | S. Bouffler (Representante), J. Cooper (Representante), J. Harrison (Representante), A. Bexon, J. Simmonds, R. Wakeford, W. Zhang |
| República de Corea | B. S. Lee (Representante), M. Baek, K.-W. Cho (Representante), K.-H. Do, J.-I. Kim, K. P. Kim, S. H. Kim, D.-K. Keum, J. K. Lee, J. E. Lee, S. H. Na (Representante), S. Y. Nam, S. W. Seo |
| Sudán | N. A. Ahmed (Representante), I. Salih Mohamed Musa (Representante), E.A.E. Ali (Representante), A. E. Elgaylani (Representante), M.A.H. Eltayeb (Representante), I. I. Suliman |
| Suecia | I. Lund (Representante), L. Hubbard (Representante), L. Moberg (Representante), A. Almén, E. Forssell-Aronsson, L. Gedda, J. Johansson Barck-Holst, J. Lillhök, A. Wojcik |
| 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 2016

L. Anspaugh

B. Lauritzen

M. Balonov

I. Dublineau

H. Grogan

L. Hubbard

B. Lambert

C. Robinson

E. Rochedo

R. Shore

J. Simmonds

R. Wakeford

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

M. J. Crick

F. Shannoun