

# Efectos en la salud por el desastre de Chernobil. Quince años después

M.A. Zafra Anta<sup>a</sup>, M.A. Amor Cabrera<sup>a</sup>, F. Díaz Mier<sup>b</sup> y C. Cámara Moraño<sup>a</sup>

Servicios de <sup>a</sup>Pediatría y <sup>b</sup>Radiología. Hospital Comarcal de Pozoblanco. Córdoba.

(*An Esp Pediatr* 2002; 56: 324-333)

El accidente de la central nuclear de Chernobil en 1986 ocasionó la liberación de grandes cantidades de material radiactivo, y causó la contaminación de amplias zonas de la antigua Unión Soviética. Cada verano, en España se recibe la visita de cientos de niños de Chernobil. En este artículo se describe el accidente, la contaminación ambiental, los mecanismos de lesión por radiación y la relación dosis-respuesta. Se revisan los efectos sobre la salud de la exposición a radiación, y el impacto de la catástrofe de Chernobil. Se hace una propuesta de actuación y valoración sanitaria con los niños en acogimiento temporal.

En Bielorrusia, Ucrania y la Federación Rusa, el nivel de salud de la población, especialmente infantil, se ha visto afectada. Con los datos actuales, sabemos que las secuelas de Chernobil son un marcado incremento en la incidencia de carcinoma papilar de tiroides, consecuencias psicológicas y socioeconómicas. Muchas publicaciones señalan un incremento de otras enfermedades; pero no todos los problemas de salud vistos tras Chernobil pueden atribuirse a la radiación. Dado el largo período de latencia de las enfermedades inducidas por radiación, es importante el seguimiento de la población afectada. Quince años después de Chernobil la comunidad internacional sigue aprendiendo lecciones científicas, médicas y humanitarias.

## Palabras clave:

*Chernobil. Cáncer de tiroides. Radiación. Efectos psicológicos. Niños. <sup>137</sup>Cs.*

## HEALTH EFFECTS OF THE CHERNOBYL DISASTER. FIFTEEN YEARS AFTERWARDS

The Chernobyl nuclear accident of 1986 released large quantities of radioactive material causing heavy contamination in widespread areas of the former Soviet Union. Each summer, several hundred children visit Spain from Chernobyl. In this article we describe the accident, the environmental contamination, the mechanisms of radiation injury and the dose-response relationships. We review the health effects of exposure to ionizing radiation

and the health impact of the Chernobyl catastrophe. We propose guidelines for the medical management and evaluation of children on temporary visits.

The health status of adults and especially that of children in Belarus, Ukraine and the Russian Federation has been adversely affected. According to present knowledge, Chernobyl has given rise to a marked increase in the incidence of papillary thyroid cancer, psychological consequences and socioeconomic disruption. Many studies report that the incidence of other diseases has increased, but not all health problems seen after the nuclear accident can be attributed to radiation. Given the long latency period for diseases induced by radiation exposure, long-term follow-up of all potentially affected individuals is important. Fifteen years after the Chernobyl accident the international community is still learning scientific, medical and humanitarian lessons.

## Key words:

*Chernobyl. Thyroid cancer. Radiation. Psychological effects. Children. <sup>137</sup>Cs.*

## INTRODUCCIÓN

Los accidentes radiológicos graves determinan efectos sanitarios en la población afectada como resultado de la exposición a la radiación; pero también por el impacto medioambiental, social y económico que producen. Además, a las enfermedades somáticas agudas y crónicas se añaden problemas psicológicos más o menos intensos y duraderos.

El mayor desastre en la historia de la energía nuclear, en su uso pacífico, ocurrió en la central nuclear de Chernobil, Ucrania, territorio de la Antigua Unión Soviética, en 1986<sup>1</sup>. Es conocido de la opinión pública, que en España, cada verano, por mediación de diversas asociaciones y organizaciones no gubernamentales, se recibe la visita de cientos de "niños de Chernobil"<sup>2-4</sup>. En gran medida, los pediatras y otros profesionales sanitarios de este país desconocen la patología de estos niños afectados por la radiación, así como los beneficios que les reportan estas

**Correspondencia:** Dr. M.A. Zafra Anta.

Servicio de Pediatría. Hospital Comarcal Pozoblanco.  
Juan del Rey Calero, s/n. 14400 Pozoblanco. Córdoba.  
Correo electrónico: med015462@saludalia.com

Recibido en septiembre de 2001.

Aceptado para su publicación en noviembre de 2001.

“vacaciones de salud”: vivir una temporada fuera del territorio contaminado contribuye a disminuir la carga de isótopos radiactivos presentes en su organismo. En este trabajo se realiza una revisión de las enfermedades inducidas por radiación, especialmente de las enseñanzas del desastre de Chernobil.

El 26 de abril de 1986 se produjo la explosión e incendio del reactor número 4 de la central nuclear de Chernobil, lo cual liberó enormes cantidades de material radiactivo, aproximadamente  $12 \times 10^{18}$  Becquerelios (Bq) de diferentes radioisótopos, unas 40 veces superior a la que se liberó por las bombas de Hiroshima y Nagasaki en 1945<sup>1,5,6</sup>. Los isótopos emitidos por este y otros accidentes de reactores son fundamentalmente yodo 131 (<sup>131</sup>I), cesio 137 (<sup>137</sup>Cs), cesio 134 (<sup>134</sup>Cs) y estroncio 90 (<sup>90</sup>Sr), plutonio 239 (<sup>239</sup>Pu), plutonio 240 (<sup>240</sup>Pu), confinados a partículas con matriz de dióxido de uranio, grafito, mezcla de hierro-cerámica y silicatos. Como consecuencia del accidente, de las medidas tomadas para apagar el incendio, de los escapes radiactivos a la atmósfera y de la compleja y cambiante situación meteorológica tras el mismo, se produjo la contaminación de un área muy extensa de la antigua Unión Soviética, fundamentalmente Bielorrusia, Ucrania y regiones del suroeste de Rusia (territorio de Bryansk)<sup>7,8</sup>. Concretamente en Bielorrusia (Belarus), el 23 % de su territorio resultó contaminado; las regiones más afectadas fueron Gomel, Mogilev y Brest, al sur y sureste de la República. Tuvieron que evacuarse inicialmente unas 116.000 personas, y posteriormente han sido desplazadas hasta 210.000 en total<sup>1,6</sup>. Todavía hoy, 15 años después del accidente, hay una “zona de exclusión” prohibida, de 30 km de diámetro, que soporta 30 veces el nivel de radiactividad tolerable para la salud. También recibieron contaminación radiactiva, aunque en menor medida, los países nórdicos, el norte de Escocia, Austria, Alemania, Grecia, Italia y otras zonas de Europa<sup>7,9,10</sup>.

No hay datos exactos de la radiación recibida por la población general. La mayor parte de autores y organismos internacionales aceptan que se vieron expuestas a algún grado de contaminación radiactiva aproximadamente unos 17 millones de personas, de ellas, 2,5 millones eran menores de 5 años<sup>1,6,11</sup>. Utilizando los datos dosimétricos disponibles, y con cálculos de reconstrucción de dosis basados en contaminación del medio y con diversos modelos matemáticos sí se pueden establecer rangos de dosis en diversos grupos de población<sup>9,12</sup>. Véanse las unidades de medida en la tabla 1:

1. Evacuados de la zona de exclusión. Dosis corporal total 32 mSv y para el tiroides 470 mGy.

2. Liquidadores. Esto es, personal civil y militar que participó en las tareas de emergencia para evitar que continuara el escape radiactivo, y en la limpieza de la zona vecina a la central. Para los del período 1986-1987, unas 200.000 personas, unos 100 mSv (rango 10 a 500 mSv).

3. Población residente en zonas contaminadas de la antigua Unión Soviética. Aproximadamente 5 millones de personas. Se calcula en 12 mSv la dosis media en los 10 años siguientes al accidente. Unas 100.000 personas han recibido durante 10 años más de 100 mSv. Muchos niños han recibido una dosis para el tiroides superior a 1 Gy.

4. Fuera de la Unión Soviética, muchos países europeos recibieron dosis generalmente bajas, de hasta 1 a 2 mSv. Si bien con amplias diferencias regionales, dependiendo del paso de la nube radiactiva.

Para tener una perspectiva, hay que tener en cuenta que, globalmente, la radiación ambiental anual media es 2,4 mSv.

### MECANISMOS DE LA LESIÓN BIOLÓGICA POR RADIACIÓN. RELACIÓN DOSIS-RESPUESTA

La radiación ionizante atraviesa el cuerpo, gran parte se disipa en forma de calor, y el resto interactúa con los tejidos transfiriendo energía por ionización de sus átomos. Este fenómeno se refiere sobre todo al material genético, al ADN. Véase la figura 1. Si el daño es intenso, la célula morirá inmediatamente; si el daño es más ligero, puede producirse desde reparación completa a incompleta o defectuosa, que podrá originar teratogénesis, transformación cancerosa o alteraciones hereditarias. Para los efectos biológicos de la radiación ionizante en general, no sólo de origen ambiental sino también por terapias médicas en pacientes oncológicos, etc., se remite al lector a las revisiones de Cho et al<sup>13</sup>, Fattibene et al<sup>14</sup> y Little<sup>15</sup>. Se pueden describir como efectos agudos para la salud y efectos tardíos:

Los daños agudos son “deterministas” y dosis dependientes. Especialmente se afectan los tejidos de mayor división celular, la piel, el aparato digestivo y la médula ósea. Aparecen síntomas de irradiación aguda con dosis de irradiación corporal total aguda superiores a 100-150 cGy<sup>13,15</sup>. Con irradiación menor de 2 Gy no suele producirse mortalidad; si es mayor de 5-6, la mortalidad es muy alta<sup>13,16</sup>. Las lesiones precoces son quemaduras y vómitos-enteritis

TABLA 1. Unidades de medida de radiación ionizante

<b>Roentgen (R)</b> es una unidad de exposición a radiación, definida por convenio. Poco utilizada en la actualidad
<b>Gray (Gy) y rad</b> son medidas de dosis de radiación absorbida. Sistema internacional 1 rad = 100 ergios depositados por gramo de tejido 100 rad = 1 Gray
<b>Sievert (Sv) y rem</b> son medidas de dosis equivalente. Sistema internacional. Reflejan la respuesta biológica 100 rem = 1 Sievert

Los rayos X y gamma poseen una eficacia biológica relativa de 1; es decir, rad = rem y Gray = Sievert.  
Para radiación de partículas, como neutrones y partículas alfa, hay un factor de conversión que depende de los sistemas biológicos: 1 rad de radiación alfa = 3-20 rem.

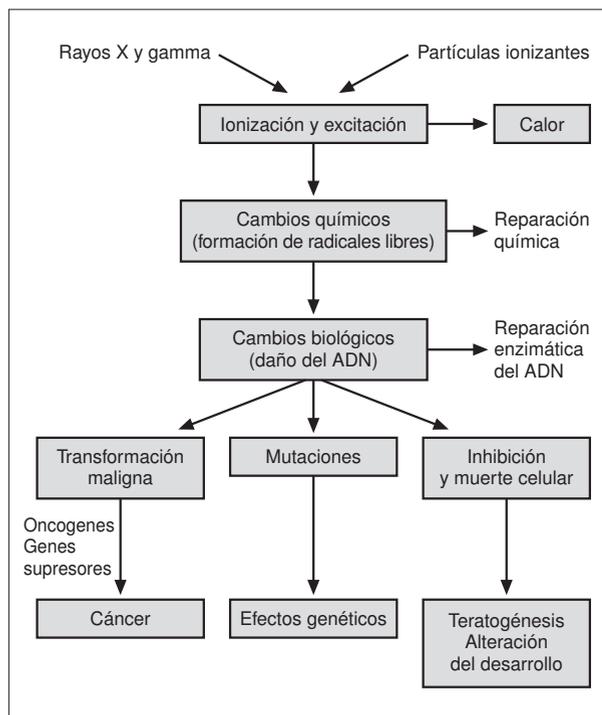


Figura 1. Desarrollo de la lesión por radiación.

por radiación, incluso ya a la media hora de la exposición. La linfocitopenia es el marcador inicial de la gravedad a la exposición, y se hace evidente en las primeras 24-36 h en las irradiaciones más intensas.

Los daños tardíos por exposición a radiación son “estocásticos” o “por azar”, su frecuencia es dependiente de la dosis, no su intensidad. La incidencia de enfermedades aumenta a partir de los que reciben más de 0,025 Gy de exposición aguda: cánceres, otros tumores, malformaciones hereditarias. El riesgo aumenta cuando la exposición a radiación es a menor edad. La patología no es específica de la radiación, y por lo tanto podría no ser atribuida directamente a la exposición a la radiación. La tabla 2 muestra las rutas biológicas y los mecanismos de lesión de algunas partículas radiactivas.

A la posibilidad de secuelas tardías de la radiación aguda, hay que sumar las consecuencias a largo plazo de la radiación ionizante recibida con posterioridad al accidente. Estudios experimentales en animales e *in vitro*

muestran que la exposición a bajas dosis de radiación de forma crónica tienen menos efectos que dosis equivalentes de forma aguda<sup>1,13,15</sup>.

### ENFERMEDADES INDUCIDAS POR RADIACIÓN AMBIENTAL

Afortunadamente, no hay mucha experiencia acumulada en humanos acerca de los efectos para la salud a largo plazo tras exposición a radiación por contaminación ambiental, a excepción de las bombas de Hiroshima y Nagasaki, y los datos actuales (y en los próximos años) que nos enseñará el desastre de Chernobil. Diversos estudios epidemiológicos muestran que la exposición a radiación ionizante a altas dosis reduce la esperanza de vida e incrementa el riesgo de cáncer, en particular leucemia, cáncer de tiroides y más tardíamente cáncer de mama y otros órganos.

Se desconoce una dosis segura de radiación<sup>13</sup>. Los efectos de la radiación de baja intensidad y a bajas dosis no están definitivamente cuantificados, pero probablemente sean muy pequeños<sup>17,18</sup>. En la actualidad, quizá lo mejor sea asumir que no existe dosis de radiación ionizante libre de daño potencial. Aunque algunos investigadores sugieren incluso efectos beneficiosos de bajas dosis de radiación ionizante, esto no está aceptado.

Diversos estudios en animales demuestran un acortamiento de la supervivencia, siendo el porcentaje relativo de pérdida de años de vida en ratones del 5% por cada Gy de rayos X o rayos gamma y, si es de neutrones, unas 5 veces ese efecto<sup>19</sup>. Recientemente Cologne y Preston<sup>20</sup> han examinado el efecto de la radiación en una cohorte de 120.321 supervivientes a las bombas de Hiroshima y Nagasaki, Japón. En este estudio se observó que la esperanza de vida decrece con la radiación, a razón de 1,3 años por Gy, declinando más rápidamente a altas dosis; el porcentaje de pérdida de años de vida fue del 1-2% por Gy. En este y otros estudios epidemiológicos no se descarta que la mortalidad pueda depender de factores no asociados directamente a la exposición radiológica, como por ejemplo diferencias geográficas en el estilo de vida o en los servicios de salud, estatus socioeconómico, etc.

Enfermedades definitivamente asociadas a exposición a radiación ionizante en moderadas y altas dosis (50-200 cGy) son: leucemia (el riesgo parece mayor en exposición *in utero*), cáncer de tiroides, cáncer de mama, gástrico, pul-

TABLA 2. Rutas biológicas de algunas partículas radiactivas y patología asociada

Elemento	Ruta biológica	Acumulación	Enfermedad asociada
Yodo 131	Como el yodo no radiactivo	Glándula tiroides	Cáncer de tiroides
Cesio 137	Como el potasio	Generalizado	Cáncer de tiroides. Patología gastrointestinal, hepática, hematológica, renal
Estroncio 90	Como el calcio	Hueso	Cáncer de hueso, neoplasias hematológicas
Plutonio	Como el hierro	Eritrocitos, medula ósea, músculo	Leucemias, linfomas

món, tracto urinario, mieloma múltiple, así como también microcefalia y retraso mental (en estos últimos casos si la radiación ocurre entre las semanas 8 y 15 de gestación)<sup>15,17,21-24</sup>. El tiempo de latencia, desde la exposición hasta que se presenta la enfermedad es relativamente largo: en leucemia, mínimo 2 años, media 7 a 12 años; en cáncer de tiroides, a partir de 4 años postexposición, en otros tumores sólidos un mínimo de 10-15 años, media 25<sup>15,19</sup>. El desarrollo de cánceres de mama y de tiroides es altamente dependiente del balance hormonal del individuo<sup>15</sup>.

Hay evidencias de que la susceptibilidad a la carcinogénesis inducida por radiación varía entre los individuos<sup>16,25</sup>. La International Commission on Radiological Protection (ICRP) establece un coeficiente para calcular el riesgo de mortalidad por cáncer asociado a una dosis de radiación: este coeficiente es de 0,05 Sv<sup>-1</sup> para la población general; probablemente sea 0,10-0,15 Sv<sup>-1</sup> para los niños<sup>25</sup>.

Se ha demostrado un aumento de la incidencia también en tumores benignos de tiroides, paratiroides (causando hiperparatiroidismo, especialmente en los expuestos en los primeros 5 años de la vida), miomas uterinos y pólipos gástricos<sup>26</sup>; así como efectos a largo plazo en el sistema inmunitario, aunque todavía no puede establecerse exactamente su importancia biológica<sup>27</sup>.

## **RADIACIÓN TRAS EL DESASTRE DE CHERNOBIL. IMPACTO AMBIENTAL Y EN LA CADENA ALIMENTARIA**

La nube radiactiva de Chernobil contaminó la atmósfera durante por lo menos 10-20 días, y por su depósito se contaminaron grandes extensiones agrícolas y bosques, el agua y las diversas fuentes de alimento. Los radioisótopos se incorporaron al ciclo biológico de plantas, animales y personas. La contaminación de los cultivos por radioisótopos sigue una ruta ecoambiental compleja, que depende no sólo del isótopo, sino también del tipo de suelo, de los fertilizantes, de la forma de la cosecha, del clima, de la estación del año<sup>6,7,28</sup>.

En los primeros 2-3 meses tras la nube radiactiva, la radiación que se acumulaba en el organismo en la población expuesta era sobre todo por los isótopos de período de semidesintegración relativamente corto, especialmente <sup>131</sup>I, que se absorbe por la glándula tiroides. Desplaza al yodo no radiactivo, y más en una zona de carencia endémica, como lo es Bielorrusia. Se produce el llamado "ataque de yodo". Posteriormente la radiación acumulada es por los radionucleidos de larga vida, principalmente <sup>137</sup>Cs<sup>6,7</sup>. Las dos terceras partes de todos los radionucleidos de <sup>137</sup>Cs producidos por el accidente cayeron sobre el territorio de Bielorrusia, afectando a 1 de cada 5 habitantes de la república. Las secuelas del accidente nuclear para los niños que viven en la zona contaminada, pueden ser reducidas sólo minimizando la dosis

colectiva e individual de radiación con medidas de protección radiactiva, como evitar ingerir alimentos contaminados y hacer profilaxis con yodo.

La dosis tope para el público de radiación absorbida o ingerida fue establecida en 1991 por la Ley sobre protección social de los ciudadanos afectados por el accidente de Chernobil en 1 mSv/año, y el contenido de <sup>137</sup>Cs en los alimentos en 37 Bq/kg, litro. Ello fue así probablemente siguiendo las recomendaciones de la ICRP, que estableció en ese año de 1991 el límite de dosis de radiación para la población de 1 mSv/año para delimitar niveles de intervención<sup>19</sup> (véase también el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, Real Decreto 783/2001, BOE de 26 de julio 2001, n.º 178). Otros autores recomiendan un límite menor de dosis de radiación; el límite en Inglaterra, Alemania y Estados Unidos es menor de 0,3 mSv/año. Para aumentar la confusión, hay expertos que incluso dudan que tenga un efecto positivo para la salud colectiva establecer niveles de dosis para la población general<sup>29</sup>. Se encuentra, pues, una cierta dosis de ambigüedad y quizá conveniencia en las recomendaciones oficiales; además falta una normativa adecuada para la protección eficaz de la salud en la edad pediátrica. Para la alimentación de los niños, los análisis y estudios actuales muestran que el consumo de alimentos con un nivel de <sup>137</sup>Cs admisible para los adultos lleva a un nivel de radionucleidos acumulados peligroso para su salud. De toda la población, los niños y adolescentes, así como madres embarazadas y lactantes, consumiendo los mismos productos alimenticios reciben una dosis de radiación 4 o 5 veces más grande que los adultos debido a su metabolismo de crecimiento y desarrollo<sup>30</sup>. En realidad, en Bielorrusia los niños comen lo mismo que los adultos, a pesar de que desde 1986 se pretende oficialmente, mediante subvenciones, un abastecimiento con alimentos ecológicamente limpios. Las subvenciones son pequeñas e insuficientes y el nivel económico de las familias es bajo.

En cualquier caso, no se ha eliminado la contaminación en la cadena alimentaria. Como ejemplo, del 15 al 25% de la leche presentada para su análisis en el período 1991-1997 por los habitantes de Bielorrusia, tenían un nivel de <sup>137</sup>Cs superior al admisible.

En el estudio de Hoshi et al<sup>8</sup> realizado con contadores de radiación corporal que miden la actividad específica de <sup>137</sup>Cs, entre los años 1991 y 1996, en población de 5 a 15 años de Bryansk (Rusia) se encuentran niveles de actividad de este isótopo con una media de 85 Bq/kg y una mediana de 49 Bq/kg. El valor calculado de radiación interna recibida por ingestión de isótopos de <sup>137</sup>Cs es de media 0,21 mSv/año, con una mediana de 0,12 mSv/año. El 2% de la población pediátrica medida excedía de 1 mSv en la dosis anual. Esta radiación corporal medida tenía una relación estadísticamente significativa con correlación positiva con el nivel de contaminación del área

de residencia. La radiación variaba ligeramente según la época del año, aumentando en otoño, y según la dieta. Este y otros estudios confirman que la mayor cantidad de radiación ingerida procede de la carne, setas y frutos del bosque, leche y vegetales; esto cuando habían pasado unos 5-10 años del accidente de Chernobil. En una economía pobre hay que tener muy en cuenta alimentos no controlados: en muchos casos se comen setas y bayas del bosque, nueces, miel silvestre, pescado, carne de animales salvajes, leche<sup>6,31,32</sup> y productos que no pasan el control (p. ej., mercadillos) y tienen más radionúclidos de los permitidos por las leyes.

### ENFERMEDADES Y SECUELAS TRAS CHERNOBIL

En Chernobil sólo hubo daños inmediatos por radiación entre miembros del personal de la Central, en los bomberos y en algunos "liquidadores" que descontaminaron la zona de evacuación de la Central. En los días siguientes al accidente murieron 31 personas y 140 presentaron enfermedad más o menos grave por radiación aguda<sup>6</sup>. No se encontró ningún caso de enfermedad por irradiación aguda entre la población civil: fueron objeto de estudio unas 11.600 personas entre mayo y junio de 1986.

La Organización Mundial de la Salud estableció el International Programme on the Health Effects of the Chernobyl Accident (IPHECA) en 1995. El programa inicialmente se concentró en un registro epidemiológico de leucemias, enfermedades tiroideas, salud oral y, por último, en la salud mental de los niños irradiados antes del parto o cerca del nacimiento. Los datos de diversos estudios médicos en Ucrania y Bielorrusia son incompletos y difíciles de evaluar para excluir o confirmar la posibilidad del aumento en la incidencia de ciertos tipos de tumores. Diversas circunstancias dificultan los estudios epidemiológicos, entre ellas la disolución de la antigua Unión Soviética, los problemas económicos de las repúblicas afectadas, el deterioro de la infraestructura médica, los sistemas de registro y seguimiento, los desplazamientos poblacionales y las emigraciones<sup>1</sup>.

Hay amplios sectores de la comunidad científica que sólo admiten como demostrado epidemiológicamente el aumento de incidencia de cáncer de tiroides, y los demás efectos para la salud no ser "estadísticamente significativos para la población"<sup>12,33</sup>. Otros autores difieren, señalando más secuelas en la salud en las poblaciones de Bielorrusia, Ucrania y Rusia, y otros lugares, como se expone a continuación. Sin embargo, la cuestión de qué efectos se pueden atribuir directamente a la radiación, sigue en muchos casos sin resolver<sup>1</sup>. Con el enorme incremento de la incidencia del cáncer de tiroides en Bielorrusia, sin otro factor asociado que la radiación recibida, y con la experiencia acumulada en Hiroshima y Nagasaki, quizás es de esperar la aparición de otras enfermedades.

### Cáncer de tiroides

La frecuencia natural de presentación es 0,1 caso por 100.000 habitantes/año. El cáncer tiroideo es excepcional en la edad pediátrica, salvo exposición a radiación, interna o externa. Casi siempre es del tipo carcinoma papilar (variantes sólido y folicular), más agresivos en la presentación y más frecuentemente asociados a enfermedad tiroidea autoinmune<sup>23</sup>. En Ucrania y sobre todo en Bielorrusia se ha constatado un aumento de hasta 100 veces la incidencia, y parece seguir creciendo<sup>11</sup>. La incidencia era 315,6 por 100.000 en 1995; 365,4 en 1996, y 372,0 en 1997. Hay relación positiva entre nivel de radiación del área de residencia e incidencia de cáncer de tiroides<sup>30</sup>. El 50% de todos los casos aparecen en niños menores de 4 años de edad en la fecha del accidente. También hay casos en niños que aún no habían nacido en 1986. En la zona había bocio endémico, por la escasez de yodo estable en los productos alimenticios y en agua y por otras razones. Esto probablemente hizo aumentar el efecto del yodo y del cesio radiactivos, sobre todo en las zonas de Gomel y Brest.

El 50-70% de los pacientes que han desarrollado un carcinoma papilar tras el accidente de Chernobil presentan activación del protooncogén RET (ret/PTC tirosina cinasa), con menos frecuencia se presenta el TRK<sup>23,24</sup>. En muchas ocasiones se objetiva invasión local (hasta en el 66% de casos hay linfadenopatías satélites afectadas en el momento del diagnóstico) y metástasis a distancia, especialmente en pulmón. El cáncer de tiroides se muestra más agresivo a menor edad de exposición<sup>34</sup>. Sólo el 12% de casos son diagnosticados por ecografía de cribado. Parecen responder favorablemente a la terapia estándar si se aplica apropiadamente.

### Otras neoplasias

Muchos estudios epidemiológicos señalan que no puede afirmarse la existencia de un significativo aumento de la incidencia de leucemias entre los habitantes de zonas contaminadas<sup>6,12</sup>. Sin embargo, el control epidemiológico de las enfermedades oncológicas en Belarús y en Ucrania sí revela un aumento en los niños de las tendencias en linfomas y leucemias, y en adultos, en particular entre los liquidadores, de cáncer de mama, pulmón, vejiga y riñones<sup>35-37</sup>.

En Europa, fuera del territorio de la antigua Unión Soviética la mayoría de los estudios epidemiológicos no han encontrado aumento de incidencia de leucemia en niños<sup>38</sup>. En Grecia sí se ha encontrado relación con leucemia del lactante y exposición *in utero* a radiación<sup>22</sup>.

### Enfermedades endocrinas

Se ha registrado un aumento hasta 4 veces y media de casos de enfermedades del sistema endocrino: bocio multinodular y tiroiditis autoinmune, con o sin hipotiroidismo, adenomas, hiperplasia difusa del tiroides y otras<sup>21</sup>. Los estudios muestran un aumento de prevalencia de au-

toanticuerpos antitiroideos<sup>23</sup>. También diabetes mellitus y retraso del desarrollo sexual (hasta 78,7 por 100.000 en 1997). Dosis bajas-moderadas de radiación son un factor conocido para el desarrollo de tumores benignos y malignos de tiroides y glándulas salivales y de hiperparatiroidismo<sup>26</sup>.

### Enfermedad inmunológica

Se constata la aparición de una lesión en el sistema inmunitario, aunque todavía está por determinar su significado clínico. En niños de Bielorrusia expuestos a radiación se pueden encontrar alteraciones en linfocitos asociadas a daño genético: con más frecuencia linfocitos micronucleados y binucleados, así como fenómenos de muerte celular<sup>27</sup>. Se registran más infecciones respiratorias en niños en edad escolar, ello cuando menos es una causa de retraso o dificultad escolar. Más infecciones parasitarias, tuberculosis<sup>39</sup>. Aunque probablemente no sean inducidas por la radiación, sino por otros factores. Es notable el aumento de incidencia de tuberculosis en Bielorrusia, Ucrania y Rusia. Concretamente, en Gomel, de 289 casos de tuberculosis en 1986 se ha pasado a 1.227 en 1997. Las causas pueden ser la malnutrición, condiciones de vida insuficientes, inadecuado suministro de medicación, coinfección con virus de la inmunodeficiencia humana (VIH-1); o incluso un retraso diagnóstico por "radiofobia"<sup>39</sup>.

### Patología del embarazo y perinatal

Se objetiva un desfavorable estado de salud de mujeres embarazadas y mujeres en edad fértil. Por ejemplo, existe mayor incidencia de anemia de embarazo, lo cual determina un aumento de las complicaciones en los partos. Aunque está por determinar su relación con la radiación o con factores socioeconómicos<sup>40</sup>, en Bielorrusia<sup>35</sup> se ha encontrado un incremento de anomalías congénitas (27,2%, de 2 a 6 veces más frecuente en comparación con regiones limpias), de trauma de parto (27,2% en 1997) y otros como retraso del crecimiento intrauterino. Se estima que durante 1986-1987 se efectuaron unas 100.000 interrupciones voluntarias de embarazo en mujeres de zonas contaminadas. La mortalidad infantil por 1.000 habitantes está estable en Bielorrusia. En el año 1993 era 0,89 por 1.000 habitantes, 1994-1,1; 1995-0,98; 1996-0,87; 1997-0,94. La mortalidad infantil por nacidos vivos sí ha aumentado en ciertas zonas, las más afectadas (Gomel)<sup>35</sup>.

Aproximadamente el 15% del <sup>137</sup>Cs ingerido por la madre se transfiere por lactancia materna<sup>41</sup>. En muestras de leche materna de mujeres de Belarús, presentadas en 1997<sup>35</sup>, sólo el 11% tenían niveles admisibles de <sup>137</sup>Cs, el 19% de <sup>90</sup>Sr, todas tenían plomo sobre el nivel admisible y sólo el 5% tenía una proporción adecuada de vitamina C, así como alto nivel de pesticidas.

Lejos de Ucrania, en Europa Occidental, en estudios de cohortes de embarazadas durante y hasta los 2 años posteriores a Chernobil, en 16 regiones europeas, no se

ha encontrado un aumento de incidencia de síndrome de Down, defectos del tubo neural, anomalías oculares ni otras alteraciones del sistema nervioso central (SNC)<sup>42</sup>. Si bien algunos estudios epidemiológicos refieren haber encontrado más incidencia de enfermedad<sup>43</sup>.

### Otras enfermedades

A la radiación se añaden una serie de factores desfavorables para el organismo<sup>1</sup>, entre ellos el estrés psicológico, también enfermedades cardiovasculares (infarto de miocardio es 1,4 veces mayor en los liquidadores), enfermedades ocupacionales, sistema osteomuscular (invalidez, rehabilitación), enfermedades respiratorias (la mortalidad por enfermedades respiratorias en menores de 14 años es 2,5 veces mayor), enfermedades de piel, sistema nervioso, neoplasias benignas en niños<sup>35</sup>.

En Bielorrusia, Ucrania y ciertas zonas de Polonia se objetivan deficiencias nutricionales que incrementan los riesgos para la salud. Se consumen pocos vegetales, fruta y leche (lo que implica un aporte bajo de calcio, fibra y vitamina C)<sup>44</sup>.

### CONSECUENCIAS PSICOLÓGICAS DEL ACCIDENTE DE CHERNOBIL

Las consecuencias psicológicas se sitúan entre las más importantes, por el síndrome postraumático (ansiedad, estrés)<sup>1,45</sup>. Las manifestaciones del impacto psicológico de las catástrofes ambientales son variadas, y se engloban generalmente bajo la noción de estrés<sup>46,47</sup>. Síntomas de ansiedad, depresión o psicósomáticos y modificaciones del comportamiento, con incremento en el consumo y dependencia de medicamentos (ansiolíticos) y drogas (alcohol, tabaco), incremento en las consultas médicas, bajas en la actividad laboral y conductas delictivas, descompensación de alteraciones psiquiátricas preexistentes. El trastorno por estrés postraumático puede ser muy incapacitante y persistir durante muchos años. En los liquidadores de Estonia el suicidio fue una de las principales causas de mortalidad.

La intensidad y magnitud del fenómeno de estrés psicológico en la población de zonas contaminadas parece ser consecuencia del miedo a los efectos de la radiación, cambios importantes en el estilo de vida, una falta de confianza en las autoridades políticas y en los expertos oficiales, a lo que se suma el empobrecimiento socioeconómico y la fractura del entorno social por la evacuación y realojamiento.

La población pediátrica representa un grupo de alto riesgo de sufrir trastornos psicológicos por varias razones, entre ellas por el alto estrés de las madres que viven en la zona contaminada de Bielorrusia. Los niños con alta exposición se someten a controles médicos anuales, algunos hasta con hospitalizaciones de 1 mes, y tienen variedad de diagnósticos, incluida la distonía vascular o distonía vegetativa (engloba síntomas como cefalea, astenia, temblo-

res, cambios en la presión arterial, dolor abdominal). Éste es el diagnóstico oficial, basado en métodos de tests no usados en Occidente. Igumnov y Drozdovitch<sup>48</sup> encuentran en un grupo de niños de Bielorrusia, expuestos en período prenatal al accidente de Chernobil, un ligero deterioro en el cociente intelectual, mayor incidencia de trastornos emocionales y de conducta; si bien parece que se debe predominantemente a factores sociopsicológicos y socioculturales desfavorables.

Bromet et al<sup>47</sup> estudian el estado de bienestar de 300 niños de 10 a 12 años evacuados a Kiev. El estado de salud psicológica y el comportamiento general era similar en niños evacuados frente a niños controles, tanto en su percepción como la de sus madres o profesores. Aunque las madres de los niños evacuados señalaban que sus hijos tenían más síntomas somáticos. Se asocia de manera significativa entre depresión materna y referir síntomas depresivos en sus hijos. Se objetivan relaciones positivas entre los niños evacuados y sus padres, no hay una conspiración de silencio (como, por ejemplo, en hijos de supervivientes del Holocausto). Suele haber una relación hiperprotectora con los hijos. En la edad adolescente sí tienen más riesgo de ansiedad y depresión.

#### OTRAS CONSECUENCIAS DEL ACCIDENTE

También se produjeron en Bielorrusia consecuencias indirectas del accidente, no debidas a la radiación: falta de confianza en la seguridad de la energía atómica, desconfianza en autoridades, en los médicos y en las estructuras del país, consecuencias tecnológicas, políticas en la

antigua Unión Soviética, consecuencias sociales: desplazamiento de la población y realojo, empobrecimiento, disminución de la natalidad, crecimiento negativo poblacional, desvío de recursos, subvenciones insuficientes y una cierta cultura de subvención, etc.<sup>1,45,49</sup>. Cerca del 20% del presupuesto nacional de la República se destina anualmente a paliar las secuelas de la catástrofe, y esto será así durante muchos años.

Como lecciones aprendidas por la Comunidad Internacional, desde 1986 se hacen importantes esfuerzos por incrementar la seguridad de las centrales nucleares en funcionamiento, por mejorar la coordinación y armonización internacional en la elaboración de los planes de emergencia, y su desarrollo y actuación en caso de accidente nuclear<sup>50,51</sup>. Es de esperar que no se repita una catástrofe a escala de Chernobil para no tener que probar si estas lecciones las hemos aprendido bien.

Si se desea ampliar información sobre Chernobil y sus consecuencias, así como los efectos de la radiación nuclear pueden utilizarse las direcciones URL en Internet que se detallan en la tabla 3.

#### ATENCIÓN SANITARIA EN LOS NIÑOS DE CHERNOBIL EN ACOGIDA TEMPORAL

Desde hace más de 10 años se realizan programas de vacaciones de "saneamiento", sobre todo en la antigua Unión Soviética, países nórdicos, Alemania, incluso Australia; sin embargo, son escasas las referencias en la bibliografía médica internacional hacia los beneficios de estos períodos y las actuaciones a desarrollar<sup>52,53</sup>.

TABLA 3. Algunas direcciones URL (Universal Resource Locators) en Internet disponibles para acceder a información sobre Chernobil y radiación nuclear

Radiation Effects Research Foundation (RERF) in Hiroshima and Nagasaki, Japan	<a href="http://www.rerf.or.jp/eigo/titles/radtoch.htm">http://www.rerf.or.jp/eigo/titles/radtoch.htm</a>
Nuclear Energy Agency. OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development)	<a href="http://www.nea.fr/html/rp/chernobyl/chernobyl.html">http://www.nea.fr/html/rp/chernobyl/chernobyl.html</a>
Kurchatov Research Centre "Kurchatov Institute", Moscow, Russia	<a href="http://www.kiae.ru/eng/inf/tex/texnol.htm">http://www.kiae.ru/eng/inf/tex/texnol.htm</a>
International Atomic Energy Agency (IAEA)	<a href="http://www.iaea.or.at/worldatom/thisweek/preview/chernobyl/">http://www.iaea.or.at/worldatom/thisweek/preview/chernobyl/</a>
International Commission on Radiological Protection (ICRP)	<a href="http://www.tue.nl/sbd/irpa/icrp.htm">http://www.tue.nl/sbd/irpa/icrp.htm</a>
World Nuclear Association	<a href="http://www.world-nuclear.org/info/chernobyl/inf07.htm">http://www.world-nuclear.org/info/chernobyl/inf07.htm</a>
Europa. European Commission. Energy. Nuclear Safety	<a href="http://europa.eu.int/comm/energy/en/nuclearsafety/synopses.htm">http://europa.eu.int/comm/energy/en/nuclearsafety/synopses.htm</a>
US Environmental Protection Agency	<a href="http://www.epa.gov/radiation/">http://www.epa.gov/radiation/</a>
<i>Otras de interés:</i>	
University of Michigan's Radiation and Health Physics Home Page	<a href="http://www.umich.edu/~radinfo/nojava.html">http://www.umich.edu/~radinfo/nojava.html</a>
N. García-Herranz	<a href="http://www.din.upm.es/trabajos/cherno/">http://www.din.upm.es/trabajos/cherno/</a>
Fundación Herencia de Chernobyl	<a href="http://www.acogida.org">http://www.acogida.org</a>
Chernobyl Children's Project (Ireland)	<a href="http://www.adiccp.org">http://www.adiccp.org</a>
Chornobyl Disaster Zone Official site	<a href="http://www.ic-chernobyl.kiev.ua/">http://www.ic-chernobyl.kiev.ua/</a>
Independiente	<a href="http://www.chernobyl.com/">http://www.chernobyl.com/</a>
Sociedad Nuclear Española	<a href="http://www.sne.es/">http://www.sne.es/</a>
Instituto de Fusión Nuclear (Universidad Politécnica, Madrid, España)	<a href="http://www.denim.upm.es">http://www.denim.upm.es</a>

Consultadas y disponibles en agosto de 2001.

Los objetivos de las vacaciones de salud de los “niños de Chernobil” son:

1. Reducir el nivel de radionúclidos del organismo, especialmente  $^{137}\text{Cs}$ , por vivir en un medio libre de contaminación radiactiva.
2. Disminuir el estrés psicológico por el cambio en el entorno.
3. Detectar y tratar patología, fundamentalmente alteraciones en la función tiroidea, ferropenia y otras carencias nutricionales.

A pesar del empobrecimiento de Bielorrusia, su sistema sanitario realiza programas de seguimiento y evaluaciones médicas a gran parte de la población que reside en zonas contaminadas<sup>6,35,53</sup>. La mayoría de los niños bielorrusos que vienen a nuestro país están sanos o tienen una patología ya detectada, no grave en ese momento.

Los requisitos habituales para las vacaciones de saneamiento son: los niños deben tener 8 años o más para poder tolerar bien la separación de sus padres y el entorno habitual, deben venir voluntariamente y con conocimiento de sus padres y posibilidad de contacto con ellos, preferiblemente durante sus vacaciones escolares o que no se interrumpa excesivamente su aprendizaje escolar y, por último, y principalmente, que su estado de salud lo permita.

La actuación será proporcionarles una estancia lo más normalizada posible, compartiendo un entorno familiar. No deben perder el contacto con otros niños de su grupo, y tener accesible un monitor o un sistema de intérpretes (véase la página web de la Fundación Herencia de Chernobil, en la tabla 3). Las organizaciones no gubernamentales (ONG) que organizan el traslado suelen programar alguna actividad lúdica conjunta; pero tampoco se les debe saturar de actividades. En el caso de que surjan problemas importantes de convivencia o de conducta del niño, los responsables de la ONG deben tener previstos mecanismos de respuesta.

Se debe realizar una revisión médica general a su llegada al medio de vacaciones como la descrita por Weinberg et al<sup>1</sup>. Si no se efectuó en Bielorrusia recientemente analítica, puede realizarse un estudio como el que se propone en la tabla 4. En esta evaluación será donde se podrán detectar carencias y enfermedades que deben tenerse en cuenta para su estancia.

La dieta será variada, al estilo mediterráneo y según las costumbres locales y familiares, rica en hierro, vitaminas A y E, con sal yodada, calcio<sup>54</sup>. Téngase en cuenta que en Bielorrusia los niños toman poca fruta fresca y pocos lácteos (la leche es uno de los principales vehículos de  $^{137}\text{Cs}$ ), y hay que explicarles que nuestra leche está libre de radionucleidos.

La atención a los niños de Chernobil se trata de un tema solidario; pero se debe realizar bajo convenios de colaboración de los Servicios de Salud con las ONG y las

autoridades del país de origen, para la acogida y prestación de asistencia sanitaria a los menores y los monitores que los acompañan. No debe generar un turismo sanitario mal entendido. Hay que diferenciar por un lado los niños que vienen de vacaciones de saneamiento y, por otro, los que puedan tener enfermedades a tratar en nuestro país, con convenios especiales. Bajo protocolos de investigación, y en estrecha cooperación con el país de origen se podrán realizar a grupos de niños controles más precisos, con medición de niveles de radiación a su entrada y salida del país, y proporcionar polivitamínicos y enteroadsorbentes<sup>53,55</sup>. Recientemente el Servicio Andaluz de Salud ha realizado un convenio con la Fundación Herencia de Chernobil al respecto.

En conclusión, el accidente de Chernobil ha determinado un daño grave en amplios territorios de la antigua Unión Soviética; y lo seguirá produciendo durante muchos años. En esta zona, el aumento de incidencia del cáncer de tiroides en la edad pediátrica, la contaminación ecoambiental y los perjuicios psicológicos y socioeconómicos son sus principales secuelas en la actualidad. También ha tenido un importante impacto en la sociedad humana, mayor que muchas otras catástrofes. Se ha producido un “daño a la imagen” de la energía nuclear, o mejor dicho, la constancia de que no es tan segura como muchos piensan. Se ha hecho realidad que un accidente nuclear en un lugar, lo es a la vez en todas partes. Es otro de los fenómenos que también se han globalizado.

TABLA 4. Evaluación médica a niños de Chernobil en acogida temporal

<p><b>Anamnesis</b></p> <p>Historia personal y familiar</p> <p>Alergias medicamentosas o no. Estado vacunal. Cirugía previa</p> <p>Realización o no de revisiones médicas en su país de origen, que incluya ecografía de cuello</p> <p>Vacaciones de saneamiento previas</p> <p>Enfermedades de interés: afectación tiroidea neoplásica o no, infecciones respiratorias de repetición, tuberculosis, etc.</p> <p>Medicación habitual, incluyendo polivitamínicos, enteroadsorbentes, sal yodada</p>
<p><b>Exploración física</b></p> <p>Exploración física general, con somatometría, peso, talla, presión arterial, especial atención a la exploración del cuello (bocio, adenopatías), esfera otorrinolaringológica, alteraciones visuales, caries-gingivopatías, patología de la columna</p>
<p><b>Exploraciones complementarias</b></p> <p>Si no se realizó analítica reciente, puede ser recomendable:</p> <p>hemograma, fórmula y recuento, bioquímica básica, hormonas tiroideas, ferritina, analítica de orina básica</p> <p>Se valorará, según historia clínica y datos de exploración:</p> <p>Mantoux, ecografía de cuello, otras exploraciones (teniendo en cuenta la radiofobia habitual de los bielorrusos y que se debe contar con la autorización de los padres cuando sea procedente)</p>

En los próximos años habrá que seguir evaluando las consecuencias para la salud en la población infantil y juvenil de las zonas contaminadas, intentado prevenirlas y paliarlas. Por esto, es decisivo que la solidaridad internacional no olvide una catástrofe que está ocurriendo desde hace 15 años. La mayor tragedia sería el olvido.

### Agradecimientos

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a la Fundación Herencia de Chernobil por los datos científicos y humanos que nos ha proporcionado y por el decidido apoyo que presta a los niños de Chernobil.

### BIBLIOGRAFÍA

- Weinberg AD, Kripalani S, McCarthy PL, Schull J. Caring for survivors of the Chernobyl disaster. What the clinician should know. *JAMA* 1995; 274: 408-412.
- Los Domingos ABC, n.º 62, 19 de noviembre de 2000, págs. 14-17.
- El País Semanal n.º 1.268, 14 enero de 2001, págs. 58-69.
- Zafra MA, Amor MA, Gómez-Crespo M, Merchán I, Usó C, Moncada MD. Revisión de salud a los niños de Chernobyl durante sus vacaciones en nuestra área. Comunicación a las VII Jornadas de Salud en el Municipio. Pozoblanco-Córdoba. 20-22 de junio de 2001. Libro de comunicaciones. Pág. 43.
- Lubarsky C. La tragedia de Chernobyl. Valencia: Círculo de Lectores, 1991.
- NEA –Nuclear Energy Agency– Committee on Radiation Protection and Public Health. NEA 95. Chernobyl, ten years on radiological and health impact. OECD Nuclear Energy Agency, Paris 1995. En <http://www.nea.fr/html/rp/chernobyl/chernobyl.html>. Derechos electrónicos OECD NEA.
- Gallego Díaz E, Gil López E, Ortego Sáiz P. Las consecuencias radiológicas del accidente de Chernobil. Balance a los 10 años. *Rev Soc Nuclear Esp* 1996; 151: 29-38.
- Hoshi M, Konstantinov YO, Evdeeva TY, Kovalev AI, Aksenov AS, Koulikova NV et al. Radiocesium in children residing in the western districts of the Bryansk oblast from 1991-1996. *Health Phys* 2000; 79: 182-186.
- O'Hare NJ, Murphy D, Malone JF. Thyroid dosimetry in Europe following the Chernobyl accident. *Br J Radiol* 2000; 73: 636-640.
- Webb GAM, Simmonds JR, Wilkins BTS. Radiation levels in Eastern Europe. *Nature* 1986; 321: 821-822.
- Kapp C. Chernobyl effects worsening, says UN report. *Lancet* 2000; 355: 1625.
- UNSCEAR 2000. Sources and effects of ionizing radiation: The United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. New York: United Nations, 2000.
- Cho LC, Glatstein E. Lesiones por radiación. En: Fauci AS, Braunwald E, Isselbacher KJ, Wilson JD, Martin JB, Kasper DL, eds. *Harrison's Principios de Medicina Interna* (ed. esp.) 14.ª ed. Madrid: McGraw, 1998; 2915-2922.
- Fattibene P, Mazzei F, Nuccetelli C, Risica S. Prenatal exposure to ionizing radiation: Sources, effects and regulatory aspects. *Acta Pediatr* 1999; 88: 693-702.
- Little JB. Biologic effects of low level radiation exposure. En: Taveras JM, Ferrucci T, eds. *Radiology: diagnosis, imaging, intervention*. Lippincott-Raven Revised edition 2000; 1: 1-12.
- Land CE. Studies of cancer and radiation dose among atomic bomb survivors. The example of breast cancer. *JAMA* 1995; 274: 402-407.
- Committee on Environmental Health. American Academy of Pediatrics. Risk of radiation exposure to children: A subject review. *Pediatrics* 1998; 101: 717-719.
- Rossi HH. Risks from less than 10 milisievert. *Radiat Prot Dosim* 1999; 83: 277-279.
- Puskin JS, Nelson CB. Estimating radiogenic cancer risks. US Environmental Protection Agency. EPA 402-R-93-076, Washington, June 1994.
- Cologne JB, Preston DL. Longevity of atomic-bomb survivors. *Lancet* 2000; 356: 303-307.
- Nikiforov YE, Heffes CS, Korzenko AV, Fagin JA, Gnepp DR. Characteristics of follicular tumors and nonneoplastic thyroid lesions in children and adolescents exposed to radiation as a result of the chernobyl disaster. *Cancer* 1995; 76: 900-909.
- Petridou E, Trichopoulos D, Dessypris N, Flytzani V, Haidas S, Kalmanti M et al. Infant leukemia after in utero exposure to radiation from Chernobyl. *Nature* 1996; 382: 352-353.
- Pacini F, Vorontsova T, Molinaro E, Shavrova E, Agate L, Kuchinskaya E et al. Thyroid consequences of the Chernobyl nuclear accident. *Acta Pediatr* 1999; 88: (Suppl) 23-27.
- Thomas GA, Bunnell H, Cook HA, Williams ED, Nerovnya A, Cherstvoy ED et al. High prevalence of RET/PTC rearrangements in Ukrainian and Bielorrussian post-Chernobyl thyroid papillary carcinomas: A strong correlation between RET/PTC3 and the solid-follicular variant. *J Clin Endocrinol Metab* 1999; 84: 4232-4238.
- Roebuck DJ. Risk and benefit in paediatric radiology. *Pediatr Radiol* 1999; 29: 637-640.
- Wong FL, Yamada M, Sasaki H, Kodama K, Akiba S, Shimaoka K, Hosoda Y. Noncancer disease incidence in the atomic-bomb survivors, 1958-1986. *Radiation Res* 1993; 135: 418-430.
- Mikhalevich LS, De Zwart FA, Perepetskaya GA, Chebotareva NV, Mikhalevich EA, Bates AD. Radiation effects in lymphocytes of children living in a Chernobyl contaminated region of Belarus. *Int J Radiat Biol* 2000; 76: 1377-1385.
- Cécille L, D. G. Environment of the European Commission. Proceedings of the Workshop on restoration strategies for contaminated territories resulting from the Chernobyl accident. Report EUR 18193 EN. Brussels (Belgium). November 2000.
- Jensen PH. Are public dose limits necessary? *Health Phys* 2000; 79: 282-285.
- Jacob P, Goulko G, Heidenreich WF, Likhtarev I, Kairo I, Tronko ND et al. Thyroid cancer risk to children calculated. *Nature* 1998; 392: 31-32.
- Zvonova IA, Balonov MI, Bratilova AA. Thyroid dose reconstruction for the population of Russia after the Chernobyl accident. *Radiat Prot Dosim* 1998; 79: 175-178.
- Repin VS, Bondarenko OA, Nuvak NY, Tsygankov NI, Arysasov BB. Possibility of monitoring internal radiation doses in the heavily contaminated zone at the late stage of the Chernobyl accident. *Radiat Prot Dosim* 1998; 79: 183-186.
- Holm L-E. Chernobyl effects. *Lancet* 2000; 356: 344.
- Farahati J, Demidchik EP, Biko J, Reiners C. Inverse association between age at time of radiation exposure and extent of disease in cases of radiation-induced childhood thyroid carcinoma in Belarus. *Cancer* 2000; 88: 1470-1476.
- Rzheutsky VA. Efectos médicos de la catástrofe en la Central Nuclear de Chernobil. Informe. Congreso Internacional "El mundo después de Chernobil" Varsovia, 15-17 de mayo de 1998.

36. Romanenko A, Morell-Quadreny L, Nepomnyaschy V, Voziarov A, Llombart-Bosch A. Pathology and proliferative activity of renal-cell carcinomas (RCCS) and renal oncocytomas in patients with different radiation exposure after the Chernobyl accident in Ukraine. In *J Cancer* 2000; 87: 880-883.
37. Noshchenko AG, Moysich KB, Bondar A, Zamostyan PV, Drosdova VD, Michalek AM. Patterns of acute leukaemia occurrence among children in the Chernobyl region. *Int J Epidemiol* 2001; 30: 125-129.
38. Auvinen A, Hakama M, Arvela H, Kakulinen T, Rahola T, Suomela M et al. Fallout from Chernobyl and incidence of childhood leukaemia in Finland, 1976-92. *BMJ* 1994; 309: 151-154.
39. Takamura N, Kryshenko N, Masyakin V, Tamashiro H, Yamashita S. Chernobyl-induced radiophobia and the incidence of tuberculosis. *Lancet* 2000; 356: 257.
40. Castronovo FP. Teratogen update: Radiation and Chernobyl. *Teratology* 1999; 60: 100-106.
41. Johanson L, Björelund A, Agren G. Transfer of Cs<sup>137</sup> to infants via human breast milk. *Radiat Prot Dosim* 1998; 79: 165-167.
42. Dolk H, Nichols R. Evaluation of the impact of Chernobyl on the prevalence of congenital anomalies in 16 regions of Europe. EUROCAT Working Group. *Int J Epidemiol* 1999; 28: 941-948.
43. Sperling K, Pelz J, Wegner RD, Dörries A, Grütters A, Mikkelsen M. Significant increase in trisomy 21 in Berlin nine months after the Chernobyl reactor accident: temporal correlation or causal relation? *Br Med J* 1994; 309: 158-162.
44. Parizkova J. Dietary habits and nutritional status in adolescents in Central and Eastern Europe. *Eur J Clin Nutr* 2000; 54 (Suppl 1): 36-40.
45. Quastel MR, Cwikel J, Goldsmith JR, Fischbein A, Bartoov B, Zabludovsky N. Health effects in survivors of the Chernobyl disaster. *JAMA* 1996; 275: 1881.
46. Pirard Ph, Brenot J, Verger P. Conséquences des accidents radiologiques sur la santé mentale. *Radioprotection* 1998; 33: 435-456.
47. Bromet EJ, Goldgaber D, Carlson G, Panina N, Golovakha E, Gluzman SF et al. Children's well-being 11 years after the Chernobyl Catastrophe. *Arch Gen Psychiatry* 2000; 57: 563-571.
48. Igumnov S, Drozdovitch V. The intellectual development, mental and behavioural disorders in children from Belarus exposed in utero following the Chernobyl accident. *Eur Psychiatry* 2000; 15: 244-253.
49. Hériard-Dubreuil G, Girard P. Conditions de vie dans les territoires contaminés en Biélorussie 8 ans après l'accident de Tchernobyl. *Radioprotection* 1997; 32: 209-228.
50. Weiss W. Strategies for monitoring and for the assessment of the radiological situation in an emergency. *Radiat Prot Dosim* 1997; 73: 7-10.
51. Lloyd DC. Accidents will happen. *Radiat Prot Dosim* 1999; 81: 83-84.
52. Kidd MR. The children of Chernobyl. *Med J Aust* 1991; 155: 764-767.
53. Nesterenko VB. Control intensivo de radiación de los niños y de productos alimenticios en las zonas afectadas por el accidente de Chernobyl en la republica de Belarus. Informe. Congreso Internacional "El Mundo después de Chernobyl". Varsovia 15-17 de mayo de 1998.
54. Neyfakh EA, Alimbekova AI, Ivanenko GF. Radiation-induced lipoperoxidative stress in children coupled with deficit of essential antioxidants. *Biochemistry (Mosc)* 1998; 63: 977-987.
55. Stesenko HI, Beida PA, Sov'iak SI, Mits LS, Pikush VM, Koval'skyi SV et al. The intensity of cesium-137 elimination in victims of the Chernobyl catastrophe at the balneology health resort of Truskavets. *Lik Sprava* 1997; 5: 42-44.

### Fe de errores

En el artículo firmado por P. J. Vilar Escrigas titulado "Regurgitación y enfermedad por reflujo gastroesofágico" (*An Esp Pediatr* 2002; 56: 151-164), se ha detectado un error. En la página 153, al final del primer párrafo del apartado "pHmetría esofágica" *donde dice* "Se considera RGE el descenso del pH < 4 durante más de 15 min", *debe decir* "Se considera RGE el descenso del pH < 4 durante más de 15 segundos".