



Alejandro PLACER DIESSLER es Ingeniero Civil. De 1958 a 1974 formó parte de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) de Argentina como Jefe del Departamento de Protección Radiológica Operacional. De 1961 al 74 trabajó en el Comité Científico de Naciones Unidas (UNSCEAR). Entre 1975 y 1978 fue Asesor en Protección Radiológica del Atomic Energy Organization of Iran. De 1978 a 1985 ocupó el cargo de Director de Planificación de la CNEA. De 1985 al 87 fue Jefe de Sección Servicios de Protección Radiológica del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y en 1987 y 1988 Asesor de Presidencia de CNEA. Desde 1989 es Asesor Técnico en el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).

ESTUDIOS EPIDEMIOLOGICOS EN POBLACIONES VECINAS A INSTALACIONES NUCLEARES

A. PLACER

La revisión bibliográfica de los últimos años muestra un número relativamente grande de informes referidos a aumentos de la incidencia de leucemias, que pudieran eventualmente asociarse a la operación de instalaciones nucleares, con resultados aparentemente contradictorios y que alcanzan diferentes grados de difusión pública.

Para obtener un panorama objetivo, en cuanto a las diferentes relaciones de causalidad posibles, resulta conveniente pasar revista somera de las conclusiones de los trabajos publicados más significativos. Un lector profano podría asombrarse de las diferencias existentes entre ellas hasta pensar que los resultados pudieran estar sesgados en una u otra dirección. Sin embargo, en un análisis racional de la situación relativa al tema de este trabajo (o a cualquier otra similar en la que deba hacerse uso de estudios epidemiológicos) deben tenerse en cuenta diversos conceptos básicos, entre ellos, los siguientes:

- Las tasas de incidencia de las enfermedades tienen variaciones en el tiempo, en el espacio o simultáneamente en ambos parámetros (1). Un incremento en el número de casos observados puede ocurrir en una época o en una estación del año determinadas. En un mismo país, las tasas de incidencia son mayores en algunas zonas y grupos de población (y, consecuentemente, menores en otras) que el promedio nacional.
- Las variaciones antedichas pueden ser consecuencia de un brote real de determinada enfermedad o reflejar sim-

plemente una fluctuación estadística temporal o geográfica.

- Si el brote es real (o, con mayor precisión, si es "estadísticamente significativo", en el sentido de que la probabilidad de que se deba al azar es menor que un cierto valor), la búsqueda de la relación de causalidad de un agente físico o químico determinado debe tener en cuenta la probable existencia de otros agentes y circunstancias especiales concomitantes que originen el mismo efecto.
- Si la correlación numérica entre el efecto observado y la causa probable es significativa, la relación de causalidad, para que pueda ser considerada plausible, debe ser explicable teóricamente y debe ser repetitiva, es decir, observable también en otras circunstancias similares.
- Las enfermedades radioinducidas son, en cada uno de sus tipos, similares a las que ocurren naturalmente, por lo que un incremento en sus tasas de incidencia es tanto más difícil de detectar cuanto más comúnmente ocurre naturalmente la enfermedad en cuestión. Por el contrario, no existe evidencia de que ciertas enfermedades —como, por ejemplo, la leucemia linfática crónica— sean radioinducibles.
- Si un estudio específico no prueba en forma estadísticamente significativa una relación causa-efecto postulada, no implica necesariamente que esa relación no exista, pero por lo menos permite afirmar que el riesgo de ocurrencia del efecto es muy bajo.

El presente artículo es el primero de una serie que coordina el Grupo de Trabajo de Protección Radiológica, de la Comisión de Publicaciones y que presentamos en las Secciones Fijas de este número.

Con estos conceptos básicos *in mente*, analicemos los trabajos sobre leucemias en las cercanías de instalaciones nucleares y algunos otros relacionados con ellos o realizados como consecuencia.

ESTUDIOS REALIZADOS EN LAS VECINDADES DE INSTALACIONES NUCLEARES BRITANICAS

Sellafield (ex Windscale), West Cumbria

El 1 de noviembre de 1982, la televisión de Yorkshire anunció la existencia de una tasa elevada de leucemias en los niños que vivían en el pueblo de Seascale, cercano a la instalación de reprocesado de elementos combustibles irradiados de Sellafield. En los 32 años previos se habían producido cinco casos, cuando el número esperado en ese período era de 0,45 (2). Una comisión de investigación creada por el Ministerio de Sanidad produjo su informe (3) en el que concluyó que el exceso de leucemias agudas en el distrito que incluye a Seascale (ubicado al sur de Sellafield) efectivamente existía, pero que las tasas de ocurrencia de la enfermedad en la región situada al norte de la instalación eran normales; que debido al pequeño número de casos (7), no era posible excluir un efecto debido al azar, y que el exceso de leucemias no podía ser explicado como debido a las dosis producidas por los efluentes radiactivos de la instalación. Sugirió además la realización de un estudio adicional para analizar por separado las cohortes de niños nacidos en el lugar y fuera de él, que dio como resultado que las leucemias estaban confinadas a los niños nacidos en Seascale (4, 5). Dos estudios posteriores (6, 7) concluyeron también que los vertidos originados por la operación de Sellafield no explicaban el incremento de casos registrado.

El segundo de estos estudios (7) tuvo amplia difusión en los medios periodísticos y postuló que el exceso de leucemias infantiles en las vecindades de la instalación se debiese a mutaciones en la cadena espermatogónica de los padres que trabajan en Sellafield, basándose en 4 casos ocurridos en hijos de trabajadores que recibieron durante su vida laboral más de 100 mSv antes de la concepción y más de 10 mSv en los seis meses previos a ella. Esa conclusión está en contradicción con los resultados del seguimiento durante 35 años de los 14.180 hijos de los sobrevivientes de los bombardeos atómicos de Hiroshima y Nagasaki, que recibieron en esa ocasión una dosis aguda media de 444 mSv en las gónadas. En esos jóvenes se obser-

varon 7 leucemias antes de cumplir los 20 años, que no fueron significativamente diferentes del número observado en la población-testigo (26 leucemias entre 58.036 jóvenes) (8).

Dounreay

Un estudio realizado en la zona occidental de Escocia en 1984 (9) no encontró ninguna anomalía alrededor de Dounreay. Otro posterior, realizado en 1988 por el mismo autor (10), encontró 5 casos contra 0,51 esperados. El Comité sobre Aspectos Médicos de la Radiación en el Ambiente (COMARE) confirmó en su segundo estudio (11) que ese exceso de leucemias era real y concluyó que los incrementos observados alrededor de Sellafield y Dounreay era poco probable que se debieran al azar, aunque tampoco resultantes de los vertidos de esas instalaciones de reprocesado.

En una investigación desarrollada en el distrito de Caithness, en el que se encuentra Dounreay, basado en 14 casos de leucemia y linfomas no-hodgkianos, se concluyó que el exceso de leucemias no puede ser explicado por las dosis ocupacionales recibidas por los padres en la industria nuclear ni por ninguna otra previa a la concepción de los niños (12).

Aldermaston, Burghfield y Harwell

En 1985, un trabajo (13) describió la existencia de un incremento significativo de leucemias infantiles en el distrito en el que se encuentran las primeras dos instalaciones mencionadas, que se dedican a la fabricación de armas nucleares. Otro estudio que incluyó los distritos ubicados a menos de 10 km. de esos establecimientos y del de Harwell (14) observó un aumento significativo de leucemias (41 observadas contra 26,6 esperadas) y confirmó el trabajo anterior. El tercer informe de COMARE (15) encontró un aumento discreto de leucemias en las cercanías de Aldermaston y Burghfield (pero no en las de Harwell), aunque tampoco atribuibles a los vertidos de esas instalaciones, que son mucho menores que los de Sellafield y Dounreay.

Hinkley Point

En un estudio efectuado en el distrito de Somerset, en el que se encuentra esa central puesta en operación en 1963, se determinó un exceso estadísticamente significativo de leucemias juveniles (19 casos contra 10,4 esperados) en un radio de 12,5 km. alrededor de la central, pero un exceso similar era observable en todo el distrito analizado (16), por lo que no podía excluirse que esas cifras no fueran más que el reflejo de la tasa regional que ya era elevada entre 1959 y 1963 antes de que operara la central.

Después de 1973 la tasa en las vecindades de la central es menor que en el resto de Somerset.

Estudios sobre conjuntos de instalaciones

Se realizó una investigación sobre incidencia y mortalidad del cáncer entre 1959 y 1980 en las vecindades de 15 instalaciones nucleares en Inglaterra y Gales (comparándolas con las de distritos-testigo) considerando dos grupos: las que existían en 1955 y las centrales que entraron en operación entre 1961 y 1971. No se observó diferencia significativa de casos de leucemia para el conjunto de las instalaciones. Para las instalaciones anteriores a 1955 en particular existe un incremento de leucemias linfoides juveniles que aumenta significativamente al acercarse a esas instalaciones. Por el contrario, ese tipo de enfermedad disminuye significativamente al acercarse a las centrales posteriores a 1961 (17).

Otro estudio más amplio, que analizó sólo la mortalidad y que cubrió una población de 49 millones de personas en 400 condados de Inglaterra y Gales en el período 1969-78, encontró un riesgo relativo para todas las leucemias juveniles de 1,15 y para la linfocítica de 1,21. Al igual que en la investigación anterior, el incremento ocurría principalmente en las cercanías de las instalaciones anteriores a 1955, pero sin que existiera una tendencia de aumento del riesgo con el progresivo acercamiento a la instalación, por lo que no daba evidencia de que se debiera a los vertidos locales (18).

En una investigación de factores de riesgos ligados a la exposición ocupacional de los padres de 109 niños con leucemias o linfomas no-hodgkianos en tres regiones del norte de Inglaterra, entre ellas la de West Cumbria, los autores concluyen que las dosis de radiación recibidas por 9 padres antes de la concepción (3 de ellos ya incluidos en el estudio (7)) podría ser una causa etiológica, aunque no encuentran un exceso de riesgo estadísticamente significativo para ellos (19).

ESTUDIOS REALIZADOS EN LAS VECINDADES DE INSTALACIONES NUCLEARES EN OTROS PAISES

En los EE.UU.

Un trabajo efectuado en las vecindades de la central nuclear de San Onofre (California) no encontró diferencias entre el número de casos de cáncer en general y de leucemia en particular, respecto de los esperados (20).

En el período 1982-84 se detectó un aumento del número de leucemias en cinco ciudades de Massachusetts, aunque sólo una de ellas tiene una instalación nuclear (Pilgrim) en su vecindad. El exceso ocurría solamente en adultos mayores de 25 años. En el período siguiente, 1985-86, se observó un déficit de casos esperados, no resultando estadísticamente significativa la variación en el período total 1982-86 (21). Otro estudio realizado en Denver (Colorado) concluyó que la relación entre la incidencia de leucemias y la exposición al plutonio proveniente de la fábrica de armas nucleares de Rocky Flats era negativa (22).

Una investigación sobre mortalidad por leucemia infantil en cuatro condados vecinos a las instalaciones nucleares de Hanford y Oak Ridge obtuvo como resultados un aumento estadísticamente significativo de 1950 a 1959, no significativo entre 1960 y 1969 y un déficit de casos esperados entre 1970 y 1979 (23).

Un estudio publicado en 1990, realizado sobre 100.000 habitantes en las vecindades de la central nuclear Three Mile Island que sufrió un accidente en 1979, no ha encontrado un aumento de cánceres o leucemias (24).

En una amplia investigación, que abarcó el período 1950-85, se estudió la mortalidad por cáncer en 107 condados que tienen una central nuclear o están muy próximos a algunos de los 62 emplazamientos nucleares seleccionados, en comparación con 292 condados que no tienen instalaciones nucleares, analizando en total 2.700.000 casos (25). Los valores obtenidos en los condados estudiados y en los condados-testigo son similares y tampoco se obtuvieron diferencias significativas en cada condado entre los períodos previos y posteriores a la entrada en operación de las instalaciones.

En Francia

En las vecindades de la planta de reprocesado de La Hague se realizaron dos estudios por diferentes autores que no han encontrado diferencias significativas en la mortalidad por leucemia infantil y por todos los cánceres (26, 27). Otro estudio más amplio comparó la mortalidad por cáncer y leucemia en los alrededores de seis instalaciones nucleares con la esperable de acuerdo a las tasas nacionales y con comunas-testigo, sin encontrar diferencias significativas en lo que respecta al conjunto de los cánceres. Los casos de leucemia observados fueron menores que los esperados en las dos comparaciones (28).

En Alemania

En un estudio realizado en Baviera alrededor de seis instalaciones nucleares

no se encontraron diferencias significativas de leucemias juveniles (29).

En Canadá

En un amplio estudio epidemiológico, realizado en la provincia de Ontario en la que se encuentran cinco instalaciones nucleares de diferentes tipos, se analizaron 553.000 muertes por cáncer, entre ellas casi 1.900 de niños, ocurridas en el período 1950-87. No se han encontrado diferencias significativas de leucemias infantiles (30).

OTROS ESTUDIOS EPIDEMIOLOGICOS BRITANICOS EN ZONAS ALEJADAS DE INSTALACIONES NUCLEARES

Resulta de interés comentar los estudios realizados en Inglaterra, Gales y Escocia que muestran la existencia de concentraciones de casos de leucemias ("clusters") en zonas alejadas de instalaciones nucleares.

En sitios elegidos para construir instalaciones nucleares

Se estudió la mortalidad por cáncer en ocho regiones de Inglaterra y Gales denominadas "sitios potenciales", que incluyen dos centrales puestas en operación luego de finalizar la investigación y otros seis lugares elegidos para eventuales instalaciones futuras. Se compararon 31 distritos dentro de los 10 km. de los sitios potenciales con 3,4 millones de habitantes, con 70 distritos ubicados alrededor de instalaciones nucleares en operación, con 7,7 millones de habitantes. El riesgo relativo de leucemias juveniles resultó ser más elevado (1,14), aunque no estadísticamente significativo, en los sitios potenciales que en las áreas donde ya existen las instalaciones en operación (31).

Otros estudios sistemáticos en búsqueda de "clusters"

Como consecuencia de la investigación anterior se realizaron estudios específicos. En uno de ellos, que abarcó más de 1,5 millones de menores de 15 años, 853 de los cuales presentaron casos de leucemia linfocítica aguda, se encontraron 5 "clusters" estadísticamente significativos, siendo los más importantes el de Sellafield y otro ubicado en Tyneside a 60 km. de cualquier instalación nuclear (32).

Otro estudio de distribución geográfica de leucemias juveniles se realizó en Escocia, donde se identificaron 40 "clusters", uno de ellos cerca del emplazamiento nuclear de Dounreay, sin que

exista evidencia de relación con instalaciones nucleares (33).

CONCLUSIONES

Ninguno de los estudios realizados en diversos países ha mostrado una relación estadísticamente significativa entre los incrementos de leucemias (aún en los casos en que éstos tuvieron una pequeña probabilidad de ser debidos a fluctuaciones estadísticas) y las dosis de radiación que reciben los miembros del público por los vertidos de instalaciones nucleares. Ello no implica necesariamente que dichas dosis no produzcan ningún efecto, pero sí que el riesgo derivado de ellas es sumamente bajo y no puede ser detectado en estudios epidemiológicos en forma significativa.

Dos estudios de autores británicos postulan que los incrementos de leucemias juveniles, basándose respectivamente en 4 y 9 casos, sean debidos a la exposición ocupacional a radiación de los padres. Ello es discutido por otros autores por diversos criterios de análisis, especialmente porque no se ha observado una transmisión hereditaria de mutaciones inductoras de leucemia en los 14.180 hijos de los sobrevivientes japoneses de los ataques nucleares, pese a que éstos recibieron dosis mayores que los trabajadores en los que se basaron esos estudios.

En Gran Bretaña se detectaron varias decenas de regiones en las que existen "clusters" de leucemias juveniles sin que exista una relación directa con la ubicación de las instalaciones nucleares. Diversos investigadores están empeñados en encontrar alguna causa que los origine. Se han analizado distintas posibilidades (infecciones virales producidas cuando ocurren movimientos poblacionales importantes, ingestión o contacto con algunas plantas regionales, el efecto genético discutido anteriormente, incluyendo la contaminación interna de los padres, las concentraciones de radón en las viviendas, la contaminación por productos químicos y otros factores ambientales) por lo que se está obteniendo una extensa bibliografía que escapa al alcance de este trabajo.

REFERENCIAS

1. J. I. CEHN. *¿Qué relación hay entre los brotes de casos de cáncer declarados y las instalaciones nucleares?* Boletín del OIEA, 2, 1991.
2. D. HUBERT. Leucémies autour des installations nucléaires anglaises. Radioprotection, 26, 2, 351-372, 1991.
3. D. BLACK. *Investigation of the possible increase incidence of cancer in West Cumbria*. HSMO. London, 1984.

4. M. J. GARDNER et al. *Follow-up study of children born to mothers resident in Seascale, West Cumbria*. Brit. Med. J., 295, 822-827, 1987.
5. M. J. GARDNER et al. *Follow-up study of children born elsewhere but attending school in Seascale, West Cumbria*. Brit. Med. J., 299, 289-293, 1989.
6. COMARE. *First report. The implications of the new data on the releases from Sellafield in the 1950s*. HMSO. London, 1986.
7. M. J. GARDNER et al. *Results of case-control study of leukaemia and lymphoma among young people near Sellafield nuclear plant in West Cumbria*. Brit Med J, 300, 429-434, 1990.
8. Y. YOSIMOTO et al. *Frequency of malignant tumors during the first two decades of life in the offspring (F1) of atomic bomb survivors*. RERF Technical Report, 4, 90. Hiroshima, 1990.
9. M. A. HEASMAN et al. *Incidence of leukaemia in young persons in West of Scotland*. Lancet, 1, 189-9 and 1,310, 1984.
10. M. A. HEASMAN et al. *Childhood leukaemia in Northern Scotland*. Lancet, 266, 1988.
11. COMARE. *Second report. Investigation of the possible increase incidence of leukaemia in young people near Dounreay nuclear establishment*. HMSO. London, 1988.
12. J. D. URQUHART et al. *Case-control study of leukaemia and non-Hodgkin's lymphoma in children in Caithness, near the Dounreay nuclear installation*. Brit Med J, 302, 687-692, 1991.
13. J. D. URQUHART et al. *Leukaemia and lymphatic cancer in young people near nuclear installations*. Lancet, 384, 1986.
14. E. ROMAN et al. *Childhood leukaemia in the West Berkshire and Basingstoke and North Hampshire district health authorities in relation to nuclear establishments in the vicinity*. Brit Med J, 294, 597-602, 1988.
15. COMARE. *Third report. Report on the incidence of childhood cancer in the West Berkshire and Northern Hampshire area*. HMSO. London, 1989.
16. P. D. EWINGS et al. *Incidence of leukaemia in young people in the vicinity of Hinkley Point nuclear power station*. Brit Med J, 299, 289-293, 1989.
17. D. FORMAN et al. *Cancer near nuclear installations*. Nature, 329, 499-505, 1987.
18. P. J. COOK-MOZZAFARI et al. *Geographical variation in mortality from leukaemia and other cancers in England and Wales in relation to proximity to nuclear installations*. Brit J Cancer, 59, 476-485, 1989.
19. P. A. MCKINNEY et al. *Parental occupations of children with leukaemia in West Cumbria, North Humberside, and Galeshead*. Brit Med J, 362, 681-687, 1991.
20. J. E. ENSTROM. *Cancer near a Californian nuclear power plant*. Lancet, 2, 1,249, 1985.
21. C. POOLE et al. *Leukaemia near Pilgrim nuclear power plant*. Lancet, 2, 1,308, 1986.
22. LANCET's editorial. *Childhood leukaemia: an infectious disease?*, 336, 1,477-1,479, 1990.
23. J. R. GOLDSMITH. *Childhood leukaemia before 1970 among populations near two U. S. nuclear installations*. Lancet, 1, 793, 1989.
24. M. C. HATCH et al. *Cancer near the Three Mile Island nuclear plant radiation emissions*. Am J Epidemiol, 132, 397-412, 1990.
25. S. JABLON et al. *Cancer in populations living near nuclear facilities*. NIH Publication N.º 90.874, US GPO, 1990.
26. M. DOUSSET. *Cancer mortality around La Hague nuclear facilities*. Health Phys, 56, 875-884, 1989.
27. J. F. VIEL, S. T. RICHARDSON. *Childhood leukaemia around La Hague nuclear waste reprocessing plant*. Brit Med J, 300, 580-1, 1990.
28. C. HILL, A. LAPLANCHE. *Overall mortality and cancer mortality around French nuclear sites*. Nature, 347, 755-7, 1990.