

## **LAS MANIFESTACIONES FISIOLÓGICAS Y PSICOLÓGICAS DE LA RADIACIÓN NUCLEAR EN EL SER HUMANO\***

### **SINOPSIS**

El paso del barco *Pacific Swan* por las aguas de la costa oeste de Puerto Rico generó una serie de controversias en la Isla. Protestas, enfrentamientos, conferencias y reclamos de ciudadanos y distintos grupos ambientalistas fueron parte de los resultados de esta situación. El *Pacific Swan*, para unas personas conocido como un barco de transporte de desechos nucleares y para otras personas conocido como el barco de la muerte, pasó por aguas territoriales de Puerto Rico, específicamente por el Canal de la Mona en la costa oeste.

Si bien es cierto que no hubo un accidente, o mejor dicho, una catástrofe humana-ecológica-ambiental, es sumamente importante reconocer la peligrosidad que constituye enfrentarnos a una situación de esta naturaleza. Sin la necesidad de enfrentarnos *de facto* a otra catástrofe, debemos aprender y conocer los problemas médicos, fisiológicos y psicológicos de comunidades que han tenido que enfrentar experimentos, pruebas nucleares y accidentes nucleares.

El propósito de este artículo es describir un número de efectos nocivos como resultado de la exposición a la radiación nuclear y sus posibles manifestaciones fisiológicas y psicológicas en el ser humano. El trabajo no pretende ser una guía médica pero aspiramos a concientizar a la población en general sobre los efectos a corto y largo plazo de un accidente nuclear sobre las generaciones presentes y futuras.

## INTRODUCCIÓN

El paso del barco *Pacific Swan* por las aguas de la costa oeste de Puerto Rico generó una serie de controversias en la Isla. Protestas, enfrentamientos, conferencias y reclamos de ciudadanos y distintos grupos ambientalistas fueron parte de los resultados de esta situación. El *Pacific Swan*, para unas personas conocido como un barco de transporte de desechos nucleares y para otras personas conocido como el barco de la muerte, pasó por el Canal de la Mona en la costa oeste de Puerto Rico con un cargamento de 200 millones de Curies de radioactividad equivalente a 200 veces la radioactividad liberada en la explosión en Hiroshima a través de la lluvia radiactiva.

Si bien es cierto que no hubo un accidente, o mejor dicho, una catástrofe humana-ecológica-ambiental, es sumamente importante reconocer la peligrosidad que constituye enfrentarnos a una situación de esta naturaleza. Sin la necesidad de enfrentarnos *de facto* a otra catástrofe, debemos aprender y conocer los problemas médicos, fisiológicos y psicológicos de comunidades que han tenido que enfrentar experimentos, pruebas nucleares y accidentes nucleares.

La radiación nuclear es un fenómeno que ha afectado al hombre en por lo menos cuatro instancias: en su uso militar, (Hiroshima, Nagasaki y Vieques), en su uso investigativo, (*Nevada Test Site* y *Hanford Nuclear Facility*), en su uso como herramienta médica, (Pruebas de Resonancia Magnética Nuclear) y en su uso como fuente de energía para distintos países, (*Three Mile Island* en Estados Unidos y Chernobyl en la antigua Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas). Las primeras dos instancias y los accidentes ocurridos en plantas nucleares son el objetivo de esta presentación en la medida en que han provisto ser nocivas al ser humano. Es la intención de este escrito señalar los efectos nocivos de las instancias antes mencionadas de forma tal que, sin proponer el desarme nuclear o la prohibición del uso de energía nuclear, se conozcan los posibles riesgos que pudiese ocasionar una guerra nuclear o accidentes en facilidades nucleares.

Nuestro interés primario es evaluar los efectos nocivos de la radiación nuclear en el ser humano a partir de los acontecimientos ocurridos en Hiroshima y Nagasaki, a partir de las pruebas de

armamento nuclear en Nevada y Hanford y finalmente, a partir de accidentes en plantas nucleares de abastecimiento eléctrico como en *Three Mile Island* y Chernobyl. No se pretende abarcar todo lo relacionado a la radiación nuclear EN estos lugares particulares sino comparar los efectos reales ya estudiados y comprobados (e.g. distintos tipos de cáncer), con el surgimiento de nuevas pruebas o accidentes de naturaleza nuclear y el peligro que representan a otras poblaciones del mundo.

El propósito de este artículo es describir un número de efectos nocivos como resultado de la exposición a la radiación nuclear y sus posibles manifestaciones fisiológicas y psicológicas en el ser humano. El trabajo no pretende ser una guía médica pero aspiramos a concientizar a la población en general sobre los efectos a corto y largo plazo de un accidente nuclear sobre las generaciones presentes y futuras.

### **LAS MANIFESTACIONES FISIOLÓGICAS Y PSICOLÓGICAS DE LA RADIACIÓN NUCLEAR EN EL SER HUMANO**

La radiación nuclear se define comúnmente como la radiación que emiten núcleos de sustancias radiactivas tales como el uranio, el plutonio, el cesio-137 y el yodo radiactivo. Generalmente, la radiación nuclear consiste de: electrones energéticos (rayos beta), nucleones (rayos alfa), fragmentos de fisión radioactivos y la radiación electromagnética de alto nivel (rayos gama). La radiación ionizante es capaz de causar la ionización del medio por el cual pase y afectar, por ende, la estructura molecular de una sustancia. Por esta razón, la radiación nuclear es conocida, específicamente, como radiación ionizante. Más aún, y siendo de particular interés para los profesionales de la salud, en el ser humano se pueden producir cambios que alteren o produzcan transformaciones en la célula, en la estructura genética celular o la muerte de células expuestas.

Según Pochin (1983), la radiación ionizante ataca la célula y afecta su estructura genética, el DNA. Los resultados asociados a

este ataque son la muerte de un gran número de células o el origen de una mutación genética en el mensaje de la célula padre que será recibido por la célula hija. Otros efectos asociados a la exposición de la célula a la radiación iónica son: la degeneración de tejido celular, la incidencia de anomalías en las áreas afectadas por la radiación ionizante y las anomalías que se generan en otros tejidos adyacentes o que se comunican con el tejido afectado (Organización Mundial de la Salud (1997), *World Health Organization/Hiroshima International Council for Health Care of the Radiation Exposed* (1996) y Souchkevitch & Tsyb, 1996).

Una vez considerados los posibles efectos de la radiación ionizante a la célula, daremos paso a presentar los efectos nocivos mayormente encontrados en poblaciones expuestas a altos niveles de radiación ionizante. Cabe mencionar el hecho de que la radiación ionizante puede entrar a la célula y al ser humano al ingerir alimentos que han estado expuestos a la radiación, al tomar agua contaminada por la radiación, al respirar en o cerca de una nube tóxica, y finalmente, por la exposición directa de la persona a la radiación ionizante que se desprende de la explosión o de la reacción nuclear.

Según la literatura revisada, Broerse & Dennis (1990), Cate et al (1990), Hoel & Dinse (1990), Little & Charles (1990), Lloyd & Gren et al (1990), Mine et al (1990), Mole (1990), Rallison et al (1990), Schull et al (1990), Shimizu et al (1990), Wachholz (1990), Yamazaki & Schull (1990), Yoshimoto (1990), Souchkevitch & Tsyb (1996), informes de la Organización Mundial de la Salud (1996) y Shirahige et al (1998), los estudios recientes en poblaciones de alto nivel de exposición han informado la existencia de efectos nocivos similares entre las víctimas de un ataque nuclear y aquellas víctimas de accidentes en facilidades nucleares. Esto no quiere decir que la variedad de efectos nocivos asociados a una guerra nuclear sea de igual magnitud a la de un accidente nuclear, (véase Apéndices A, B, C y D). Se debe tomar en consideración la cantidad y la magnitud de los efectos de un ataque nuclear en la medida en que este tipo de fenómeno incapacita a un mayor número de personas que la cantidad de personas que se suelen afectar en un accidente nuclear.

Comparativamente, los efectos fisiológicos encontrados en accidentes nucleares (véase Apéndice B y C) son menores que el cúmulo de efectos nocivos encontrados en las poblaciones de Hiroshima y Nagasaki, (véase Apéndice A).

Los efectos nocivos más encontrados, tanto en ataques nucleares como en accidentes del mismo tipo son: estados cancerosos y precancerosos en la tiroide, nódulos tiroidales, leucemia, daño en el tuétano o médula de los huesos, anormalidades o cáncer en la piel, daño genético, desórdenes del sistema respiratorio, desórdenes del sistema circulatorio, cáncer cervical, tumores en el sistema nervioso central, *ankylosing spondilitis* (forma de artritis reumática en la espina dorsal) y hasta la muerte. Más aún, los efectos nocivos más limitantes son: los estados cancerosos y precancerosos de cualquier tipo, la leucemia, los tumores del sistema nervioso central, la agénesis del cuerpo calloso, el daño celular genético, el daño en la médula de los huesos, el daño al sistema inmunológico, las enfermedades cerebrovasculares o circulatorias, los daños en la tiroide, la infertilidad y la *ankylosing spondilitis*.

Según Goffman (1981) y Pochin (1983), los estados cancerosos y precancerosos resultan ser sumamente limitantes en la medida en que se desarrollan células anormales cuyo efecto es la destrucción e invasión de tejido sano adyacente al tumor. De esta forma se afectan el esófago, el estómago, el colon, los pulmones, los senos, los ovarios y la vejiga (Broerse & Dennis 1990, Hoel & Dinse 1990, Little & Charles 1990, Schull et als 1990, Shimizu et als 1990, *World Health Organization/Hiroshima International Council* 1996 y Souchkevitch y Tsyb 1996). Por otro lado, y como resultado de la exposición a grandes o pequeñas dosis de radiación, se afecta el encéfalo dando como resultado personas con microcefalia, pérdida perinatal, retardación mental severa y Síndrome Down o Trisomía 21 (Yoshimoto 1990, Yamasaki & Schull 1990), Mole 1990 y Verger 1997, respectivamente).

Otros estados cancerosos asociados a la exposición a la radiación ionizante son cáncer y neoplasmas de la glándula tiroides (Cate et als 1990, Rallison et als 1990, Robbins 1996, Souchkevitch

& Tsyb 1996, Shirahige et als 1998, Hall & Holm 1998, Astakhova et als 1998, Goulko et als 1998, Sobolev et als 1997, Schwenn & Brill 1997, Robbins 1997, Sichel et als 1997 y Buglova et als, 1996). Una vez afectada esta glándula, la estimulación y la manutención de las actividades metabólicas del cuerpo humano se dislocan y se promueve la liberación de calcio de los huesos.

Un último estado canceroso lo constituye la leucemia, que es una degeneración en la que una proliferación anormal de células blancas en el torrente sanguíneo y que puede culminar en la muerte del individuo (Lloyd, Gren et als 1990, Goffman 1981, Wachholz 1990, *World Health Organization/Hiroshima International Council* 1996, Souchkevitch & Tsyb 1996, Alexander & Greaves 1998, Shu 1997, Ivanov et als 1996 y Petridou et als, 1996). En fin, los estados cancerosos y la leucemia son los efectos nocivos más frecuentemente encontrados en personas afectadas por la exposición a la radiación ionizante.

En segundo lugar, la *ankylosing spondilitis*, que es una forma de artritis reumática, afecta la espina dorsal y por ende la capacidad motora, nerviosa y el crecimiento del individuo. Muy relacionado a la espina dorsal se encuentran los efectos nocivos en la médula espinal y en el sistema nervioso central. Entre estos se encuentran: tumores en el cordón espinal, agénesis del cuerpo calloso lo que impide o entorpece una comunicación nerviosa satisfactoria, pérdida en la sinaptogénesis impidiendo una comunicación corporal rápida y eficiente, convulsiones, disfunciones corticales, retardación mental severa, microcefalia, Síndrome Down, y por último, lesiones cerebrales que cubren grandes áreas encefálicas (Organización Mundial de la Salud 1997 y Verger 1997).

Por otro lado, el daño ejercido en la médula de los huesos, así como la liberación de calcio en estos (producto de nódulos, neoplasmas y estados cancerosos en la tiroide) solo provee para el debilitamiento, la perforación y la degradación del material del hueso. De esta forma, se limita el crecimiento y el desarrollo del individuo. Esta misma condición puede producir defectos en el cráneo tales como la porificación de éste o que aumente la predisposición del individuo a

contraer infecciones. Esta porificación o la predisposición a infecciones pueden afectar la funcionalidad del encéfalo debido a la entrada de agentes extraños a las capas meninges que recubren el encéfalo (Souchkevitch & Tsyb 1996).

En cuarto lugar, Little & Charles (1990) han sugerido que grandes dosis de radiación ionizante pueden alterar y afectar el sistema inmunológico. Los efectos informados por estos investigadores son la propensión del sistema inmunológico a contraer infecciones y, en última instancia, la susceptibilidad del sistema inmunológico a desarrollar estados cancerosos.

Por último, pero altamente reconocidos, se encuentran los daños genéticos que la radiación ionizante puede causar tanto en los padres (Code Murphy et als 1990) como en el feto (Goffman 1981 y Pochin 1983). En adición, Yamazaki & Schull (1990) informan que en estudios de niños expuestos al bombardeo atómico en Hiroshima y Nagasaki, cuando su condición era fetal, se ha demostrado un aumento significativo en muertes y abortos prenatales y en anomalías neurológicas. Entre los hallazgos, estos investigadores presentan el desarrollo de retardación mental, de microcefalia, de ataques o convulsiones y de disfunciones corticales. Otros estudios, Yoshimoto (1990) y Mole (1990a;1990b) han corroborado los hallazgos antes mencionados, informando por separado, casos de microcefalia en niños *in utero* al momento del bombardeo y casos de retardación mental severa como producto de la exposición temprana del encéfalo a la radiación ionizante, respectivamente. Más aún, el *World Health Organization/Hiroshima International Council* (1996) y Petridou et als (1996) informaron casos de epilepsia y leucemia infantil en niños *in utero* al momento de la exposición a la radiación.

Todos los efectos antes mencionados también producen condiciones y trastornos psicológicos que incluyen su carga psicológica (véase Apéndice D). Estas afectan la funcionalidad de la persona expuesta a la radiación nuclear como la de familiares y amistades. Las condiciones médicas y psicológicas promueven una mayor dependencia para las/os pacientes terminales, la preocupación sobre

el tiempo que les queda de vida y el tiempo que les queda para compartir con sus seres queridos; preguntarse por qué le paso a el/ella; y la ansiedad que puede generar esperar la muerte cuando en última instancia han sido deshauciados. La sensación de pérdida aumenta para las personas afectadas de la misma forma que se generan ansiedades sobre la vida y la continuidad de la misma. Estos son algunos ejemplos de consideraciones psicológicas que se deben atender adecuadamente en caso de exponernos a cantidades considerables de radiación nuclear, además de los trastornos mencionados en el Apéndice D.

Otras situaciones de carácter psicológico implican los distintos problemas del desarrollo humano en las generaciones futuras de las personas expuestas a la radiación nuclear. Hemos mencionado algunas condiciones limitantes que incluyen daño al material genético pero, cómo medimos adecuadamente que una pareja tenga que decidir no tener hijas/os por que las/os mismas/os estan más propensos a experimentar problemas en su desarrollo. La expectativa de vida de las/os hijas/os definitivamente debe preocupar a la madre y al padre por que éstos reflejan en su progenie sus metas, logros y deseos más intensos para el bienestar de hijas e hijos. Entonces, debemos considerar que los estados médico-fisiológicos antes expuestos tambien incluyen efectos psicológicos significativos que deberan ser rmanejados en las poblaciones que han sido expuestas a la radiación nuclear como en aquellas que se enfrentan ocasionalmente al paso de trenes o barcos con cargas radioactivas nocivas a la salud humana. Esta situación como muchas otras debe ser enfrentada desde una perspectiva holista en la que una multiplicidad de factores biológicos, psicológicos y sociales se afectan unos a otros y en la que no existe causación unidireccional. La biología, la psicología y la socialidad se afectan unas a otras reciprocamente; por consiguiente, la radiación nuclear debe ser considerada de esta forma.

Por el contrario, no todos los efectos de la radiación ionizante son del todo malignos o nocivos. Es bien conocida, Mine et als. (1990), Goffman (1981) y Pochin (1983) la utilidad de la radiación ionizante como medio alterno médico para desarrollar métodos y

técnicas de estudio (por ejemplo los rayos x). Mine et als. (1990) informa que los efectos de pequeñas dosis de radiación ionizante al ser humano proveen para la estimulación de hormonas del sistema endocrino. Por otro lado, Goffman (1981) y Pochin (1983) describen la utilización de pequeñas dosis de radiación ionizante para medir el funcionamiento del cuerpo humano, el funcionamiento de órganos internos, el estudio de transformaciones químicas internas y para la utilización de radioterapia como método de diagnóstico y terapéutico. Por último, estos autores informan que la radiación ionizante se puede utilizar para adelantos científicos donde la energía nuclear sea la fuente energética para el desarrollo de estos. En fin, la energía nuclear, bien utilizada y siguiendo los controles debidos, es un instrumento útil en el desarrollo de nuevos proyectos que persigan el bienestar comunal. Este planteamiento es consistente con la literatura revisada en torno a que no importa cual sea la causa de la exposición a la radiación ionizante, ya sea un bombardeo o un accidente nuclear, los efectos de estos fenómenos tienden a ser más nocivos que beneficiosos a la salud humana.

Los estudios sobre la exposición a la radiación nuclear deben seguir llevándose a cabo para aumentar el conocimiento al respecto. Cabe mencionar el hecho de que un ataque nuclear o un accidente del mismo tipo son dos fenómenos posibles en nuestra actualidad. De el accidente de la planta nuclear de Chernobyl, en 1986, se han hecho estudios longitudinales para investigar y aclarar los efectos y consecuencias fisiológicas y psicológicas de la exposición de más de 600,000 personas en dicho evento, (véase Apéndices C y D), a grandes cantidades de elementos radioactivos tales como Iodo 131, Iodo 132, Iodo 135 y Cesio 137. Varios estudios se han realizado utilizando nuevas técnicas geográficas para descifrar la dispersión de la contaminación. Nishizawa et als (1990) propuso la investigación del depósito de Carbono 14 en la dentadura humana; Church et als. (1990) y Anspaugh, Ricker et als. (1990) han investigado poblaciones cerca del *Nevada Test Site* y la forma en que esta población se ha afectado por la ingestión de alimentos. Otros estudios se han realizado con la intención de determinar posibles vías de exposición a la radiación

nuclear. Entre estos se encuentran los estudios de transporte de materiales radioactivos dentro de los Estados Unidos (Bouville et al 1990), los estudios de movimiento de aire y lluvia que han llevado material radiactivo a distintos puntos en los Estados Unidos continentales (Hoeker & Macht 1990) y, finalmente, los estudios de Krey et al (1990) quienes han estudiado la capacidad del material radiactivo para depositarse en los cuerpos acuíferos de Estados Unidos.

Las investigaciones antes mencionadas son secuelas del estudio del accidente nuclear ocurrido en Chernobyl, USSR, en abril de 1986, que ha sido catalogado por la Organización Mundial de la Salud como un accidente de proporciones 200 veces mayores que las bombas en Hiroshima y Nagasaki y como el accidente más serio en la historia de la industria generatriz nuclear. No obstante, los estudios geográficos, médicos y psicosociales deben hacerse rutinarios en poblaciones que han sido afectadas o en aquellas que se encuentren en potencial peligro de exposición.

En conclusión, tal parece que la energía nuclear ha provisto más para el deterioro y perjuicio de la comunidad mundial que para alguna forma funcional positiva. En este sentido, Gellert (1990) propuso un movimiento internacional de galenos para combatir y repudiar las acciones de otros médicos en la producción y desarrollo de armamento nuclear.

Este investigador sostiene las ideas propuestas por Gellert (1990) junto a la creación de mecanismos de seguridad más eficaces y la utilización de medios alternativos para generar energía eléctrica (energía fotovoltaica, eólica y geotérmica entre otras). Nos oponemos a la utilización de armamento nuclear en cualquier tipo de conflicto ya que, como hemos observado, los daños y efectos nocivos a la salud humana son desproporcionados.

La situación de el paso del *Pacific Swan* por Puerto Rico promueve, en la población en general, preguntas y protestas respecto de la energía nuclear, la radiación nuclear y la utilización de éstas. Ciertamente el uso de energía nuclear en la Isla es mínimo pero las preguntas que nos hacemos son pertinentes. ¿Por qué tiene que pasar un barco con una carga tan altamente nociva por nuestras aguas?;

¿Por qué tenemos que enfrentar la preocupación de la posibilidad de ser afectados por algo que no hemos producido ni utilizamos?; ¿Por qué los países responsables de la producción de los desechos nucleares no se encargan de transportar los mismos a través de sus territorios sin tener que poner a riesgo a otros países que no están relacionados? Esas son algunas de las preguntas que debemos tener siempre presente cada vez que nos enfrentamos a situaciones como estas. Aprender de la historia y de las experiencias es un elemento necesario para nuestra supervivencia.

Jorge F. Rovira Alvarez

## BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, F.E. & Greaves, M.F. (1998). Ionising radiation and leukaemia potential risks: Review based on the workshops held during the 10<sup>th</sup> Symposium on Molecular Biology of Hematopoiesis and Treatment of Leukaemia and Lymphomas (Hamburg, Germany: July 5, 1997). *Leukemia*, 12, 1319-1323.
- Astakhova, L.N., Anspaugh, L.R., Beebe, G.W., Bouville, A., Drozdovitch, V.V., Garber, V., Gavrilin, Y.I., Khrouch, V.T., Kuvshinnikov, A.V., Kuzmenkov, Y.N., Minenko, V.P., Moschick, K.V., Nalivko, A.S., Robbins, J., Shemiakina, E.V., Shinkarev, S., Tochitskaya, S.I. & Waclawiw, M.A. (1998). Chernobyl related thyroid cancer in children of Belarus: A case control study. *Radiation Research*, 150, 349-356.
- Anspaugh, L.R., Ricker, Y.E., Black, S.C., Grossman, F., Wheeler, D.L., Church, B.W. & Quinn, V.E. (1990). Historical estimates of external gamma exposure and collective external gamma exposure from testing at the Nevada Test Site. II. Test series after Hardtack II, 1958, and summary. *Health Physics*, 59, 525-532.

- Bender, E., Schumacher, B. & Allen, H.A. (1976). *Medical aspects of disabilities: A resource manual*. Carbondale, Ill.: Rehabilitation Institute, Southern Illinois University.
- Buglova, E.E., Kenigsberg, J.E. & Sergeeva, N.V. (1996). Cancer risk estimation in Belarussian children due to thyroid irradiation as a consequence of the Chernobyl nuclear accident. *Health Physics*, 71, 45-49.
- Bouville, A., Dreicer, M., Beck, H.L., Hoecker, W.H., & Wachholz, B.W. (1990). Model of radioiodine transport to populations within the continental U.S. *Health Physics*, 59, 659-668
- Broerse, J.J. & Denis, J.A. (1990). Dosimetric aspects of exposure of the population to ionizing radiation. *International Journal of Radiation Biology*, 57, 633-645.
- Cate, S., Rutenber, A.J. & Conklin, A.W. (1990). Feasibility of an epidemiologic study of thyroid neoplasia in persons exposed to radionuclides from the Hanford Nuclear Facility between 1944 and 1956. *Health Physics*, 59, 169-178.
- Chadwick, K. & Menzel, H. (Eds.). (1993). *Radiation protection: Research and training programme: Monitoring and surveillance in accident situation: Post Chernobyl action [Revision 1988-1989]*. Brussels: Commission of the European Communities.
- Church, B.W., Wheeler, D.L., Campbell, C.M., Nutley, R.V. & Anspaugh, L.R. (1990). Overview of the department of energy's off-site radiation exposure review project (ORERP). *Health Physics*, 59, 503-510.
- Cody Murphy, B., Ellis, P. & Greenberg, S. (1990). Atomic veterans and their families: Responses to radiation exposure. *American Orthopsychiatry Association*, 60, 418-427.
- Cwikel, J. & Rozovski, U. (1998). Coping with the stress of immigration among new immigrants to Israel from Commonwealth of Independent States (CIS) who were exposed to Chernobyl: The effect of age. *International Journal of Aging & Human Development*, 46, 305-318.

- Environmental stress one decade after Chernobyl: An exercise in applied echopsychology, (1997). [On-Line]. *The Echopsychology Institute* [30 párrafos]. Disponible: <http://www.isis.csu Hayward.edu/ALSS/ECO/0398/research.html>.
- Gellert, G.A. (1990). Global health interdependence and their international physician's movement. *Journal of the American Medical Association*, 264, 610-613
- Goffman, J.W. (1981). *Radiation and human health*. San Francisco, California: Sierra.
- Goulko, G.M., Chepurny, N.I., Jacob, P., Kairo, I.A., Likhtarev, I.A., Phrol, G. & Sobolev, B.G. (1998). Thyroid dose and thyroid cancer incidence after the Chernobyl accident: Assessment for the Zhytomyr region (Ukraine). *Radiation & Environmental Biophysics*, 36, 261-273.
- Hall, P. & Holm, L.E. (1998). Radiation-associated thyroid cancer: Facts and fiction. *Acta Oncológica*, 37, 325-330.
- Havenaar, J.M., Rumyantseva, G.M., van den Brink, W., Poelijoe, N.W., van den Bout, J., van Engeland, H. & Koeter-Maarten, W.J. (1997). Long-term mental effects of the Chernobyl disaster: An epidemiologic survey in two former soviet regions. *American Journal of Psychiatry*, 154, 1605-1607.
- Havenaar, J.M., van den Brink, W., van den Bout, J. & Kasyanenko, A.P. (1996). Mental health problems in the Gomel region (Belarus): An analysis of risk factors in an area affected by the Chernobyl disaster. *Psychological Medicine*, 26, 845-855. Extracto de: Archivo Silverplatter: PsychLit Item: 1996-05475-020.
- Havenaar, J.M., Rumiantseva, G.M. & van den Bout, J. (1994). Mental health problems in the Chernobyl area: Special Issue: Issues in contemporary psychiatric practice in Russia [CD-ROM]. *Journal of Russian and East European Psychiatry*, 27, 83-91. Extracto de: Archivo Silverplatter: PsychLit Item: 1994-82-25250
- Hoecker, W.H. & Machta, L. (1990). Meteorological modeling of radioiodine transport and deposition within the continental U.S. *Health Physics*, 59, 603-617

- Hoel, D.G. & Dinse, G.E. (1990). Using mortality data to estimate radiation effects on breast cancer incidence. *Environmental Health Perspective*, 87, 123-129
- Holowinsky, I. Z. (1993). Chernobyl nuclear catastrophe and the high risk potential for mental retardation. Multidisciplinary Session of the American Academy on Mental Retardation. *Mental Retardation*, 31, 35-40
- Ivanov, E.P., Tolochko, G.V., Shuvaeva, L.P., Becker, S., Nekolla, E. & Kellerer, A.M. (1996). Childhood leukemia in Belarus before and after the Chernobyl accident [CD-ROM]. *Radiation & Environmental Biophysics*, 35, 75-80. Extracto de: Archivo Silverplatter: PsychLit Item: 1996-384565
- Unexpected findings rekindle old debate on nuclear radiation, (1997). [On-Line]. *Lubbock-Avalanche Journal* [13 párrafos]. Disponible: <http://www.lubbockonline.com/news/041497/unexpected.html>
- Lloyd, R.D., Gren, D.C., Swon, S.L., Wren, M.E., Hawthorne, H.A., Lotz, T.M., Stevens, W. & Till, J.E. (1990). Individual external exposures from Nevada Test Site fallout for Utah leukemia cases and controls. *Health Physics*, 59, 723-737
- Krey, P.W., Heit, M. & Miller, K.M. (1990). Radioactive fallout reconstruction from contemporary measurements of reservoir sediments. *Health Physics*, 59, 541-554
- Little, M.P. & Charles, M.W. (1990). Bomb survivor selection and consequences for estimates of population cancer risks. *Health Physics*, 59, 765-775
- MacMillan, D.L. (1982). *Mental retardation in school and society*. Boston: Little, Brown
- Mine, M., Okumura, Y., Ichamaro, M., Nakamura, T. & Kondo, S. (1990). Apparently beneficial effect of low to intermediate doses of atomic bomb radiation on human lifespan. *International Journal of Radiation Biology*, 58, 1035-1043
- Mole, R.H. (1990a). The effect of prenatal radiation exposure on the developing human brain. *International Journal of Radiation Biology*, 57, 647-663.

- Mole, R.H. (1990b). Severe mental retardation after large prenatal exposures to bomb radiation. Reduction in oxygen transport to fetal brain: A possible abscopal mechanism. *International Journal of Radiation Biology*, 58, 705-711.
- Nichizawa, K., Togari, A., Matsumoto, S. & Nagatsu, T. (1990). Atmospheric nuclear weapon test history as characterized by the deposition of <sup>14</sup>C in human teeth. *Health Physics*, 59, 179-182.
- Novikov, V.S., Tsygan, V.N., Borisova, E.D. & Rybina, L.A. (1997). Changes in cerebral bioelectric activity in the Chernobyl NPP accident liquidators [CD-ROM]. *Human Physiology*, 23, 542-546. Extracto de: Archivo Silverplatter: PsychLit Item: 1997-41302-005.
- Organización Mundial de la Salud. (1997). *Consecuencias sanitarias del accidente de Chernobyl: Resultados de los proyectos experimentales PIEACS y de los programas nacionales conexos (Informe recapitulativo)*. Ginebra.
- Pacini, F., Vorontsova, T., Molinaro, E., Kuchinskaya, E., Agate, L., Shavrova, E., Astachova, L., Chiovato, L. & Pinchera, A. (1998). Prevalence of thyroid antibodies in children and adolescents from Belarus exposed to the Chernobyl radioactive fallout. *Lancet*, 352, 763-766
- Petridou, E., Trichopoulos, D., Dessypris, N., Flytzani, V., Haidas, S., Kalmanti, K., Koliousskas, D., Kosmidis, H., Piperopoulou, F. & Tzortzatu, F. (1996). Infant leukaemia after in utero-exposure to radiation from Chernobyl. *Nature*, 382, 352-353.
- Pochin, E. (1983). *Nuclear radiation risks and benefits*. Oxford, New York: Clarendon.
- Rallison, M.L., Lotz, T.M., Bishop, M., Dunne, W., Haywood, K., Lyon, J.L. & Stevens, W. (1990). Cohort study of thyroid disease near the Nevada Test Site: A preliminary report. *Health Physics*, 59, 739-746
- Robbins, J. (1997). Lessons from Chernobyl: The event, the aftermath fallout: Radioactive, political and social. *Thyroid*, 7, 189-192.

- Robbins, J. (Ed.). (1993). *Treatment of thyroid cancer in childhood* [Congreso]. Bethesda, Maryland: National Institutes of Health.
- Schwenn, M.R. & Brill, A.B. (1997). Childhood cancer 10 years after the Chernobyl accident [CD-ROM]. *Current Opinions on Pediatrics*, 9, 51-24. Extracto de: Archivo Silverplatter: PsychLit Item: 1997-243915.
- Schull, W.J., Shimizu, Y. & Kato, H. (1990). Hiroshima and Nagasaki: New doses, risks, and their implications. *Health Physics*, 59, 69-75.
- Shimizu, Y., Schull, W.J. & Kato, H. (1990). Cancer risks among atomic bomb survivors. *Journal of the American Medical Association*, 264, 601-604.
- Shirahige, Y., Ito, M., Ashizawa, K., Motomura, T., Yokoyama, N., Namba, H., Fukata, S., Yokozawa, T., Ishikawa, N., Nimura, T., Yamashita, S., Sekine, I., Kuma, K., Ito, N. & Nagataki, S. (1998). Childhood thyroid cancer: Comparison of Japan and Belarus. *Endocrinology Journal*, 45, 203-209.
- Shu, X.O. (1997). Epidemiology of childhood leukemia [CD-ROM]. *Current Opinions on Hematology*, 4, 227-232. Extracto de: Archivo Silverplatter: PsychLit Item: 1997-406646.
- Sichel, J.Y., Wygoda, M., Dano, I., Osin, P. & Elidan, J. (1996). Fibrosarcoma of the thyroid in a man exposed to fallout from the Chernobyl accident [CD-ROM]. *Annals of Otolaryngology & Laryngology*, 105, 832-834. Extracto de: Archivo Silverplatter: PsychLit Item: 1997-019252
- Sobolev, B., Heidenreich, W.F., Kairo, I., Jacob, P., Goulko, G. & Likhtarev, I. (1997). Thyroid cancer incidence in the Ukraine after the Chernobyl accident: Comparison with spontaneous incidences. *Radiation & Environmental Biophysics*, 36, 195-199
- Souchkevitch, G.N. & Tsyb, A.F. (Eds.). (1996). *Health consequences of the Chernobyl accident: Results of the IPHECA pilot projects and related national programmes [Scientific report]*. Geneva: World Health Organization.
- Verger, P. (1997). Down syndrome and ionizing radiation. *Health Physics*, 73, 882-893.

- Wachholz, B.W. (1990). Overview of a national cancer institute's activities related to exposure of the public to fallout from Nevada Test Site. *Health Physics*, 59, 511-514.
- World Health Organization/Hiroshima International Council for Health Care of the Radiation Exposed. (1996, agosto). *WHO/HICARE symposium on radiological accidents and environmental epidemiology: A decade after the Chernobyl accident (Proceedings)*. Hiroshima, Japan.
- Yamazaki, J.N. & Schull, W.J. (1990). Perinatal loss and neurological abnormalities among children of the atomic bomb. *Journal of the American Medical Association*, 264, 605-609
- Yoshimoto, Y. (1990). Cancer risk among children of atomic bomb survivors. *Journal of the American Medical Association*, 264, 596-600.
- Zhavoronkova, L.A., Kholodova, N.B., Zubovskii, G.A., Smirnov-Yu, N. (1995). Electroencephalographic correlates of neurological disturbances at remote periods of the effect of ionizing radiation: Sequelae of the Chernobyl' NPP accident [CD-ROM]. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 25, 142-149. Extracto de: Archivo Silverplatter: PsychLit Item: 1995-83-20404.

## APÉNDICE A

### EFFECTOS NOCIVOS EN HIROSHIMA Y NAGASAKI COMO RESULTADO DE LA BOMBA ATÓMICA

Efectos genéticos en futuras generaciones  
Consecuencias fisiológicas y físicas  
Contaminación por exposición a radiación iónica  
Daños genéticos  
Cáncer, estados precancerosos y neoplasmas  
Desórdenes de la piel, del sistema respiratorio y del sistema circulatorio  
Complicaciones en la tiroide  
Problemas congénitos  
Infertilidad  
Cáncer cervical  
Cáncer en la piel  
Pacientes con *ankylosing spondilitis*  
Leucemia  
Daño en el tuétano o médula de los huesos  
Cáncer en el esófago, estomago, colon, pulmones, senos, ovarios,  
vejiga y en el hígado  
Retardación mental severa y epilepsia  
Microcefalia  
Daño celular a la placenta  
Lesiones cerebrales cubriendo grandes áreas encefálicas  
Agénesis del cuerpo calloso  
Reducción en el transporte de oxígeno de la placenta al feto  
Hypoxia  
Aumento en la predisposición a infecciones y fiebres altas  
Hyperleucocitosis  
Efectos en el sistema inmunológico  
Tumores en el Sistema Nervioso Central y enfermedades  
cerebrovasculares  
Retinoblastoma  
Tumores Wilm  
Mutaciones en las células reproductoras

Anormalidades neurológicas  
Pérdida perinatal  
Defectos en el cráneo  
Espina bífida  
Defectos en los ojos  
Incontinencia urinaria  
Convulsiones  
Disfunciones corticales  
Pérdida en la sinaptogénesis  
Ulceraciones bucales  
Ampollas en la cara  
Muerte

## **APÉNDICE B**

### **EFFECTOS NOCIVOS ASOCIADOS A PRUEBAS NUCLEARES EN NEVADA TEST SITE Y EN HANFORD NUCLEAR FACILITY**

Anormalidades en la tiroide  
\* Neoplasmas en la tiroide  
\* Nódulos tiroidales  
Lesiones en la tiroide  
Nódulos coloidales  
Tiroiditis crónica  
Leucemia  
Daños en el tuétano o médula de los huesos  
Alta contaminación debido a la ingestión de leche  
\* Cáncer en la tiroide  
Daños en la piel  
\* Neoplasia en la tiroide

**APENDICE C**

**EFFECTOS FISIOLÓGICOS NOCIVOS ASOCIADOS AL ACCIDENTE NUCLEAR EN LA PLANTA GENERATRIZ DE CHERNOBYL, USSR**

Carcinogénesis  
Cáncer  
Nódulos y neoplasmas en la tiroides  
Cancer en la infancia y la niñez  
Retraso mental y trastornos mentales  
Enfermedades del sistema nervioso central  
Enfermedades del sistema digestivo  
Enfermedades del sistema cardiovascular  
Enfermedades del sistema genitourinario  
Enfermedades del sistema gastrointestinales  
Enfermedades oftalmológicas  
Enfermedades del sistema inmunológico  
Enfermedades pulmonares  
Enfermedades del sistema circulatorio  
Enfermedades de los sistemas musculares y esqueléticos  
Anomalías congénitas  
Síndromes cerebrales orgánicos  
Lesiones cerebrales *in utero*  
Afecciones endocrinas, de la piel y del tejido subcutáneo  
Leucemia y enfermedades oncológicas  
Enfermedades otolaringológicas  
Enfermedades infecciosas y parasitarias  
Diabetes  
Disfunciones testiculares  
Retraso en el desarrollo sexual y la pubertad  
Deficiencias vitamínicas y nutricionales  
Trastornos del metabolismo y el transporte de aminoácidos  
Obesidad  
Dolores de cabeza

Fatiga rápida  
Disturbios en el patrón del sueño  
Muerte

## APENDICE D

### **EFFECTOS PSICOLÓGICOS NOCIVOS ASOCIADOS AL ACCIDENTE NUCLEAR EN LA PLANTA GENERATRIZ DE CHERNOBYL, USSR**

Retardación mental  
Trastorno conductual-emocional fronterizo  
Trastorno del sueño  
Abuso de alcohol  
Adicción a drogas  
Estrés social y psicológico  
Tensión nerviosa  
Ansiedad de las/os sobrevivientes sobre su salud y la de sus familiares  
Miedo  
Conflictos intrapersonales  
Aislamiento  
Incertidumbre al futuro  
Pérdida de confianza  
Depresión  
Síntomas psicósomáticos  
Patologías neuropsiquiátricas  
Psicosis reactiva  
Trastorno de estrés post-traumático  
Reacciones neuróticas  
Abuso de sustancias psicoactivas  
Cambios en la personalidad luego de la psicosis o la experiencia catastrófica  
Decompensaciones psicopáticas persistentes  
Desarrollo de personalidad psicopática

Estados neuróticos persistentes  
Desarrollo de personalidad neurótica  
Dipsomania  
Inestabilidad emocional  
Disturbios en el patrón del sueño

## GLOSARIO

**Ankilosing spondilitis** - forma de artritis reumática de la espina dorsal

**Cáncer** - cualquier desorden de crecimiento celular que resulta en la invasión y destrucción del tejido sano cerca de las células anormales. Las células cancerosas surgen de células normales cuya naturaleza ha sido cambiada permanentemente. Estas células se multiplican más rápidamente que las células normales del cuerpo humano y no parecen estar sujetas al control normal que ejercen los nervios y las hormonas

**Cervix** - la cervix del útero conduce a la vagina. Las glándulas que se encuentran en las paredes producen mucosa, cuya viscosidad cambia durante el ciclo oestrous. Durante el parto, la cervix se agranda para permitir el paso del feto

**Leucemia** - proliferación anormal de células blancas (leucocitos) y de tejido compuesto por células blancas en la sangre

**Leucocitosis** - producción excesiva de células blancas formadas en los nudos linfáticos y en el tuétano de los huesos

**Microcefalia** - síndrome caracterizado por un crecimiento craneal reducido y cónico, que puede ser causado por factores hereditarios, por grandes dosis de radiación al feto, o por sarampión alemán

**Neoplasmas** - cualquier crecimiento nuevo y anormal de células, que forma tumores benignos o malignos; vea cáncer

**Nódulos** - área que presenta una inflamación o crecimiento diferente al resto de la glándula

**Radiación ionizante** - exposición a radiación de alto nivel energético capaz de causar la ionización del medio por el cual pase. Este tipo de radiación puede causar daños mayores a la estructura molecular de una sustancia al igual que al tejido biológico

**Radiación nuclear** - esta compuesta por electrones energéticos, por nucleones, por fragmentos de fisión, o por radiación energética de alto nivel provenientes de elementos altamente energéticos tales como el uranio, el plutonio, el cesio, el tungsteno y el yodo. En el ser humano puede producir cambios en las células que cambien su estructura genética, o que interfieran en su división o la muerte de estas células

**Radionúclido** - formas inestables de un elemento las cuales experimentan una desintegración radioactiva

**Tiroide** - glándula endocrina bilobular en los vertebrados ubicada en la base del cuello. Esta secreta dos hormonas que contienen yodo, tiroxina y triiodotironina, las cuales controlan la razón de los procesos metabólicos en el cuerpo e influyen en el desarrollo físico. El crecimiento y la actividad de la tiroide es controlado por una hormona, tirotropina, que es secretada por la glándula pituitaria anterior

**Tuétano** - tejido suave contenido dentro de la cavidad central y en el espacio interno del hueso. En el parto y en animales pequeños, el tuétano se centra en la formación de células sanguíneas

**Tumor** - etapa avanzada de un neoplasma o un nódulo, puede ser extirpado dependiendo de la localización y del estado en que se encuentre

**Unidades de radiación** - unidades de medición utilizadas para expresar la actividad de un radionuclido y la dosis de radiación iónica. Entre estas se encuentran: Ci (Curie), R (Roentgen), rad, y rem; en el sistema SI de unidades de radiación tenemos, Bq (Bequerel), G (gray) y Sv (Sievert). El Bequerel es la unidad de actividad, es la tasa de

disminución radioactiva de un radionuclóide; el Gray es la unidad de dosis absorbida por un cuerpo ante la radiación iónica; y el Sievert es la unidad de dosis equivalente al efecto experimentado en el tejido biológico

## REFERENCIAS

- A concise dictionary of biology.* (1990). Oxford, New York: Oxford University Press.
- Bender, E., Schumacher, B., & Allen, H.A. (1976). *Medical aspects of disabilities: Resource manual.* Carbondale, Illinois: Southern Illinois University.
- Pochin, E. (1983). *Nuclear radiation: Risks and benefits.* Oxford, New York: Clarendon.
- Goffman, J.W. (1981). *Radiation and human health.* San Francisco, California: Sierra.
- MacMillan, D.L. (1982). *Mental retardation in school and society.* Boston: Little Brown.

\*Agradecemos los comentarios y sugerencias del Profesor Joaquín Medín del Departamento de Física de la Universidad de Puerto Rico en Bayamón