

# Importancia de la evaluación de riesgos radiológicos

---

por E.E. Pochin

## INTRODUCCION

Mediante la protección radiológica, que significa un conjunto de medidas de seguridad, se procura evitar todo riesgo indebido resultante de la exposición a las radiaciones durante el trabajo en el medio ambiente en general. Es evidente, por lo tanto, que cualesquiera recomendaciones de carácter cuantitativo sobre los límites de las exposiciones y los procedimientos a seguir deben formularse en relación con estimaciones cuantitativas de los riesgos que entrañaría el empleo de esos límites.

## EFFECTOS SOMATICOS

En su publicación N° 26 (Ref [1]), la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones (CIPR) examinó los tipos de daños que puede ocasionar una exposición a bajas dosis de radiaciones y dio estimaciones de la frecuencia con la que pueden producirse los más importantes de esos efectos. En el caso de la inducción de cáncer o de leucemia, en los estudios efectuados por el Comité de la CIPR encargado de investigar los efectos de las radiaciones y en la extensa investigación del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (Comité de Radiaciones) (Ref [2]) se ha examinado la importante cantidad de nuevos datos epidemiológicos sobre la frecuencia con que dosis absorbidas de hasta unos pocos grays\* han inducido enfermedades malignas en tejidos humanos. Por consiguiente, se dispone de no pocas estimaciones no solamente del número total de enfermedades malignas que puedan resultar de una exposición de cuerpo entero, sino también del número de cánceres que pueden prevenirse cuando se irradian selectivamente órganos o tejidos del cuerpo, por ejemplo como resultado de la ingestión de radionucleidos.

Así, pues, en el caso de varios de estos tejidos, y en particular de los de la médula ósea, tiroides, pulmón y mama, existen ahora varias fuentes distintas de apreciación de riesgos que proporcionan estimaciones razonablemente coherentes y que, en algunos casos, demuestran la variación del coeficiente de inducción, según el sexo o la edad de los individuos expuestos (Ref [3]). En el caso de otros órganos o tejidos corporales se han obtenido estimaciones a partir de una o más fuentes de datos que indican el coeficiente aproximado de inducción y muestran que este coeficiente es bajo en relación con el coeficiente hallado para tejidos más "sensibles". Es necesario realizar todavía numerosas investigaciones, en particular para identificar los tipos de células de ciertos órganos que causan el desarrollo del cáncer tras la

---

\* Unidades: 1 gray (Gy) = 100 rad; 1 sievert (Sv) = 100 rems.

---

El Dr. Pochin es representante del Reino Unido en el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (Comité de Radiaciones), miembro de la Junta Nacional de Protección Radiológica del Reino Unido y miembro emérito de la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones (CIPR).

irradiación; así, se podrán estimar, cuando sea necesario, las dosis absorbidas de los radionucleidos incorporados, en relación con estos tipos de células, en vez de calcular un promedio relativo al órgano en su conjunto. Sin embargo, se han recogido suficientes datos epidemiológicos humanos de fiabilidad razonable que permiten concluir que la inducción de cáncer en diferentes órganos contribuye probablemente al efecto carcinógeno total de la irradiación del cuerpo entero. Como importante consecuencia de ello, puede efectuarse una comparación cuantitativa entre los efectos, por ejemplo en la inducción de enfermedades malignas mortales, de la irradiación uniforme de cuerpo entero — a partir de fuentes exteriores — y la irradiación selectiva de órganos — por radionucleidos retenidos internamente. De esta forma puede recomendarse una base más válida y coherente que las anteriores para fijar los límites internos de las dosis (Ref [4]).

## EFFECTOS GENETICOS

En lo que respecta a los efectos genéticos, actualmente es posible también estimar, con mayor fiabilidad, el riesgo radiológico para el hombre. Sigue siendo cierto que la estimación de la frecuencia con la que se inducen efectos genéticos *in vivo* depende todavía muy estrechamente de las observaciones efectuadas con el ratón o con otras especies en vez de con el hombre. Sin embargo, ciertos estudios de células humanas y de otras células cultivadas, indican que la inducción de aberraciones cromosomáticas por irradiación sigue un tipo similar de relación dosis-efecto en diferentes especies (Ref [5]). Se ha observado una coincidencia razonable entre las estimaciones de riesgos genéticos por irradiación efectuadas mediante dos métodos distintos que han sido estudiados muy competente y exhaustivamente por un grupo de trabajo del Comité de la CIPR encargado de investigar los efectos de las radiaciones y las que figuran en el informe de 1977 del Comité de Radiaciones. En primer lugar, se ha evaluado el riesgo para el hombre en relación con la dimensión estimada del genoma, la cantidad de material genético del hombre en relación con el ratón, y la sensibilidad del genoma del ratón a las radiaciones. Y en segundo lugar, se ha obtenido una estimación basada en la dosis de irradiación que pueda verosímilmente duplicar la incidencia natural de anomalías genéticas, puesto que la "dosis duplicadora" en los animales se ha observado que es notablemente similar (alrededor de 1 gray) para diversos tipos de modificación genética (Ref. [6 y 7]).

El riesgo de ocasionar una anomalía heredable depende naturalmente del número probable de hijos que se concebirán posteriormente y, por lo tanto, de la edad en el momento de la exposición; este riesgo de inducir cualquier efecto genético importante se estima como un coeficiente que se sitúa, aproximadamente entre 2 por 100 sieverts durante la adolescencia y 0 a la edad de unos 50 años (Ref [8]). El riesgo medio de inducir este defecto en los hijos o nietos de un trabajador expuesto a las radiaciones por motivos profesionales es algo menos de 0,4 por 100 sieverts. Este riesgo es de un tercio aproximadamente del riesgo de inducción de un cáncer mortal en el propio trabajador.

## OTROS EFECTOS

El tercero de los grupos importantes de efectos radiológicos para los que se necesitan estimaciones de los riesgos es el grupo de los llamados efectos no estocásticos. Entre estos efectos figuran la catarata, esterilidad, fibrosis de tejidos y deterioración de función orgánica. Se piensa que estos efectos solo se producen, por lo general, cuando se ha sobrepasado una dosis umbral relativamente elevada, de modo que la estimación del riesgo a dosis inferiores se considera cero. En muchos casos, los límites de dosis fijados para reducir la inducción de cánceres mortales y de efectos genéticos deben evitar, por lo tanto, los efectos no estocásticos. Sin embargo, en ciertos tejidos, y especialmente en el caso de los huesos, piel y tiroides, en los que el coeficiente de inducción de cánceres mortales es bajo, la situación

podiera ser diferente. Por lo tanto, se impone un límite principal de 0,5 sieverts al año para cualesquiera tejidos de esta clase, a fin de evitar la inducción de efectos no estocásticos incluso después de 50 años de constante exposición por razones profesionales a la dosis límite. Esto parece representar una práctica de suma cautela, ya que son bien pocas las personas que acumularán probablemente incluso la mitad de una tal dosis por exposición profesional durante toda la vida. Tampoco está claro todavía qué formas de daños no estocásticos provocaría esta dosis de 25 sieverts irradiada a lo largo de 50 años, por ejemplo sobre los huesos, o si cualquier daño de esta clase inducido precisamente al final de la vida activa podría compararse en su nocividad a un cáncer mortal o a un defecto genético importante. Y, con un límite no estocástico diez veces inferior para la población en general, parece todavía menos probable que pueda producirse algún daño no estocástico apreciable como consecuencia de exposiciones por debajo de estos límites.

Creo que es necesario trabajar mucho más a fondo sobre la posible inducción de efectos no estocásticos por exposición prolongada de ciertos tejidos u órganos, así como sobre cuestiones tales como la relación entre la edad y el coeficiente de inducción de diversas formas de cáncer y sobre el riesgo genético en la forma en que afecta al hombre o a las células humanas. Se necesita más información también sobre los factores que influyen en la transformación neoplásica de células y su supervivencia y sobre la forma probable de la relación dosis-efectos en dosis bajas y la manera en que el efecto carcinógeno de las radiaciones a un nivel de milligrays debe inferirse del observado a un nivel de grays. Este método radiobiológico es particularmente importante, ya que cualquier dato epidemiológico será probablemente poco fiable estadísticamente a estos bajos niveles de dosis.

## COMPARACION DE RIESGOS

Sin embargo, en la actualidad se dispone de información lo suficientemente clara y abundante para estimar el nivel general de riesgo que entraña la exposición a las radiaciones. En efecto, los datos cuantitativos para estimar los riesgos de las radiaciones son mucho mejores y más completos que los datos para determinar los riesgos de la exposición a muchos productos químicos importantes y a otros agentes potencialmente nocivos presentes en el entorno laboral o en el medio ambiente en general. De hecho, no deja de ser una situación poco corriente, ya que el riesgo probable de un contaminante ambiental debe estimarse — como es evidentemente conveniente — antes de que sus efectos se hayan manifestado a niveles ambientales. Es anómalo, pero previsible, que algunos de los problemas de la aceptación pública de riesgos radiológicos surjan de este intento esencialmente consciente de estimar el grado de seguridad o el nivel de riesgo que entrañan las prácticas que suponen exposición a las radiaciones y de someter estas estimaciones a estudio. Sin embargo, debe reconocerse la importancia de que toda recomendación se acompañe de una declaración lo más clara posible sobre sus consecuencias y sobre el grado de seguridad o de riesgo que pueda resultar de su adopción.

Sin embargo, opino que esta declaración solo puede considerarse en una perspectiva aceptable si se establece no simplemente en cifras absolutas de mortalidad o de otras consecuencias nocivas posibles, sino en comparación con los niveles correspondientes de seguridad o de peligro de otras situaciones o procedimientos más corrientes. Este tipo de comparación es el más importante, ya que mucha gente suele considerar los procedimientos como seguros o inseguros en un sentido absoluto, y es comprensible que no piensen en términos cuantitativos sobre niveles diferentes de riesgo ni estén familiarizados con los diferentes niveles de riesgo que entrañan las situaciones corrientes.

Es importante recalcar que la comparación de los niveles cuantitativos de riesgo de diferentes procedimientos no puede ni debe determinar por sí misma la aceptabilidad de cualquiera de esos procedimientos. Sin embargo, debe constituir indudablemente un factor importante

para influir sobre la aceptación o no aceptación de otras posibilidades o para determinar la forma en que deben funcionar. La seguridad biológica constituye solo un aspecto de cualquier opción entre disponibilidades disponibles, por ejemplo entre ocupaciones diferentes o fuentes diferentes de producción de electricidad. Sin embargo, debe considerarse como un aspecto muy importante que debe basarse en una evaluación no solo de los tipos de daño sino también de la frecuencia numérica de estos tipos en las diferentes opciones.

## RIESGOS POR RAZONES PROFESIONALES

En la Publicación N° 26, la Comisión de una estimación del daño que pudiera producirse como resultado del desempeño de profesiones para las cuales se recomiendan límites de dosis de exposición a las radiaciones cuando se evitan exposiciones por encima de esos límites y cuando las dosis se reducen por debajo de dichos límites en la mayor medida que razonablemente pueda alcanzarse, según aconseja la Comisión. Cuando se cumplen esas condiciones, se observa, por lo general, que la dosis promedio a lo largo de la vida profesional se sitúa en el orden de 5 milisieverts (mSv) al año, lo cual vale para la mayor parte de las profesiones que figuran en los informes del Comité de Radiaciones. En estas circunstancias y con un riesgo de cáncer mortal inducido de un poco más del 1% por sievert, el coeficiente anual de mortalidad por esta causa se situaría alrededor de 6 por 100 000 trabajadores. Si se añade el riesgo de defectos hereditarios inducidos en las familias de los trabajadores, esta cifra subiría a 8; y a un total de 9 o 10 por 100 000 si se añade también el coeficiente de accidentes mortales, que generalmente es bajo en el sector nuclear. En estas condiciones, puede estimarse, por lo tanto, que el riesgo total anual de mortalidad y de defectos genéticos importantes no es probable que exceda de  $10^{-4}$ , o el equivalente de 100 muertes por un millón de personas empleadas al año.

Cuadro 1. Coeficientes de accidentes mortales de trabajo en los Estados Unidos ( $10^{-6} \text{ a}^{-1}$ )

Actividad	1955	1958	1961	1964	1968	1971	1975	Promedio
Comercio	120	90	90	80	70	70	60	83
Actividad fabril	120	120	110	100	90	100	80	103
Servicios y Administración Pública	150	140	130	130	125	125	115	131
Transportes y servicios públicos	340	330	430	440	380	360	330	373
Agricultura	550	570	600	670	650	670	580	613
Construcción	750	740	740	730	740	710	610	717
Minería y explotación de canteras	1,040	960	1,080	1,080	1,170	1,000	630	944
Total	240	220	210	210	190	180	150	200

**Cuadro 2. Estadísticas nacionales de accidentes de trabajo en Francia durante 1968-1970**  
(Statistiques Nationales d'Accidents du Travail, 1968-70) ( $10^{-6} a^{-1}$ )

Industrias de la confección	17
Industrias textiles	42
Industrias metalúrgicas	118
Industrias químicas	169
Explotación de canteras, etc.	365
Puertos (marítimos)	1,020
Pesca, telesféricos, buques de placer, etc.	1,636

**Cuadro 3. Coeficientes de accidentes mortales en el Reino Unido ( $10^{-6} a^{-1}$ )**  
(Informes Anuales del Inspector Jefe de Factorías, 1959-1970)

Ocupación o industria	Promedio $\pm$ S.E.
Industrias de la confección y del calzado	3 $\pm$ 1
Maquinaria y material eléctrico	23 $\pm$ 1
Textiles	23 $\pm$ 2
Vehículos	26 $\pm$ 2
Papel, imprenta y publicaciones	28 $\pm$ 2
Productos de las industrias metálicas no especificados en otro lugar	29 $\pm$ 2
Alimentación, bebidas y tabaco	34 $\pm$ 2
Cuero, productos del cuero, y pieles	37 $\pm$ 8
Maderas, muebles, etc.	64 $\pm$ 5
Ladrillos, cerámica, vidrio, cemento, etc.	75 $\pm$ 5
Productos químicos e industrias afines	87 $\pm$ 5
Manufacturas metálicas	136 $\pm$ 5
Construcción de buques e ingeniería naval	162 $\pm$ 8

Por lo tanto, en lo que respecta a la mortalidad, este riesgo es comparable con el riesgo de mortalidad en muchas profesiones ordinarias en muchos países (véase el Cuadro 1\*; Ref [9]); por ejemplo en los Estados Unidos, en que el coeficiente de mortalidad por causas profesionales varía ampliamente según las diversas industrias y disminuye en un pequeño tanto por ciento cada año, pero supera esta cifra de  $10^{-4}$ , o sea de 100 por millón por año en la mayoría de los grupos de profesiones. En otros países se observan coeficientes comparables en tipos similares de profesiones (véanse los Cuadros 2 y 3; Ref [10, 11, 12]).

Esta comparación se basa solamente en la mortalidad y en los defectos genéticos importantes. Pero si se toma en cuenta una gama más amplia de daños por causas profesionales, entre ellos los accidentes y enfermedades no mortales, como se procura en la Publicación 27 de la CIPR en un Índice de Daños, los resultados son comparables, con un riesgo promedio en muchas profesiones que suponen exposición a las radiaciones equivalente al de otras profesiones con un coeficiente de accidentes mortales de unos 50 por millón por año; de nuevo el riesgo que debe reducirse mediante todo medio razonablemente posible, pero que es comparable con el de las profesiones que, por lo general, se consideran esencialmente seguras.

Sin embargo, en ciertas profesiones o en ciertos trabajos en una determinada profesión, la exposición promedio a las radiaciones, y por tanto el riesgo promedio de irradiación, son bastante superiores. Si en un caso extremo hubiera que planear o dirigir operaciones que entrañan una exposición radiológica de modo que todos los trabajadores recibiesen el límite de dosis de 50 milisieverts cada año, el daño sería equivalente, según los mismos criterios, al que causaría una profesión con un coeficiente de accidentes mortales de unos 350 por millón por año. Esto correspondería a los riesgos registrados para los trabajadores de transportes y compañías de servicios públicos en los Estados Unidos, para los trabajadores de canteras en Francia o para el promedio de mineros del carbón en el Reino Unido entre 1967 a 1976 (Ref [13]).

En la minería del uranio, las exposiciones medias a las radiaciones han sido elevadas recientemente tanto debido a la inhalación de radón como, en menor medida, a la irradiación externa. A este riesgo debe añadirse un coeficiente importante de muertes por accidente que habrá tenido una repercusión en el coeficiente de daños profesionales varias veces superior al de la irradiación, con un coeficiente de mortalidad anual que supera frecuentemente el  $10^{-3}$  (Ref [13]).

Sin embargo, creo que cuando los límites de dosis se aplican verdaderamente como tales límites que no deben jamás superarse por ningún trabajador en ningún año, y cuando las exposiciones medias pueden, por lo tanto, mantenerse muy por debajo de esos límites, el daño total por causas profesionales se situará por lo general en el orden del daño observado en industrias de reconocida seguridad, a menos que la ocupación en sí misma suponga también peligros importantes de accidentes que, en cualquier caso, la excluyan de esta categoría de seguridad.

## RIESGOS PARA LA POBLACION

Por varias razones el riesgo radiológico máximo para la población en general es mucho menos fácil de expresar en relación con riesgos comparables. En primer lugar, los límites recomendados para la exposición de un individuo de un grupo crítico en cualquier año (de 5 mSv) debe probablemente estar relacionado, en la mayoría de los casos, no con la dosis efectivamente recibida, sino con la que pudiera haberse recibido basándose en modelos

\* Los Cuadros 1 y 2 están tomados del "Journal of the Royal College of Physicians of London" y el Cuadro 3 del "Community Health", por permiso de los editores.

ambientales concebidos para calcular al máximo la exposición estimada. Y, en segundo lugar, es difícil seleccionar otras fuentes ambientales que impongan a la población el riesgo de la misma forma y respecto de las que se conozca cuantitativamente dicho riesgo. Los riesgos que entrañan las descargas en la atmósfera de desechos procedentes de las centrales eléctricas alimentadas con carbón son igualmente "impuestos", pero, lo que es notable, no pueden estimarse todavía con cierta fiabilidad. Los riesgos de los fenómenos naturales pueden estimarse, pero no son "impuestos" de la misma forma por la acción humana. La Comisión examinó diversos tipos de riesgos ambientales, como asimismo otros muchos autores (Ref. [15, 16, 17 y 18]), y opinó que los riesgos anuales de mortalidad a causa de una fuente ambiental de  $10^{-6}$  a  $10^{-5}$  (es decir, con un riesgo individual de muerte uno en 100 000 o más años) "sería probablemente aceptable para cualquier individuo de la población en general".

La Publicación 27 no se ocupa del tema del riesgo público. Sin embargo, la estimación del daño resultante del acortamiento de la vida puede aplicarse a un individuo que ya ha estado continuamente expuesto a las radiaciones hasta el límite de 1 mSv al año recomendado para una exposición durante toda la vida. (Este límite se aplica a las exposiciones que efectivamente se piensa que han de recibirse en vez de a las que se estiman en los supuestos de maximación de un modelo ambiental). Tomando en cuenta las probables latencias en la manifestación de cánceres inducidos por radiaciones, tanto en la infancia como en la vida adulta, la exposición continúa durante toda la vida de tal individuo dentro del coeficiente limitativo representaría, por término medio, una reducción de la duración de la vida de unos seis días. A efectos de comparación, sería útil que se efectuasen estimaciones de la reducción media de la vida imputable a otros agentes ambientales. En la Publicación 26, la Comisión se refiere al promedio de riesgo de muerte que representan los accidentes del tráfico. En la población del Reino Unido, la reducción media de la vida por esta causa es de 1,5 días aproximadamente (Ref [19]). La pérdida media de vida ocasionada por exposiciones radiológicas imputables a la acción humana sería de unos 3,3 días si se promediase de forma similar entre toda la población, y de estos días, 3,1 serían imputables a las exposiciones ocasionadas por la radiología médica y 0,2 días a las radiaciones ocasionadas por otras fuentes (Ref [20]).

## ACEPTACION DE RIESGOS

Debe repetirse que ni las evaluaciones de los niveles cuantitativos de riesgos ni las comparaciones de estos niveles con los de otras actividades deben determinar o determinarán el grado de aceptación pública o laboral del riesgo ni la elección de una cierta actividad. Cuando se trata de radiaciones, es probable que estas decisiones hayan de tener también en cuenta otras muchas consideraciones: el tipo de riesgo, en que los riesgos carcinógenos parecen aumentados debido al temor que causa el cáncer y a la naturaleza de esa enfermedad, y los riesgos genéticos, a los que se añade la injusticia que supone hacer sufrir a las generaciones posteriores las consecuencias de las actividades de hoy; con frecuencia no se reconoce que los carcinógenos y los mutágenos también se hallan presentes en los desechos de combustibles fósiles y de otros productos químicos. Frecuentemente, el trabajador considera, con razón o sin ella, que una muerte por accidente puede deberse a una torpeza por parte de la víctima, mientras que no es evidentemente así en el caso de un cáncer a consecuencia de una exposición radiológica sufrida en condiciones normales de trabajo.

La misma acción de estimar la magnitud de los riesgos radiológicos puede también sugerir su gravedad, particularmente para aquéllos que desconocen los niveles e incluso la existencia de riesgos con otras causas. Además, la necesidad de estimar los riesgos de dosis bajas experimentalmente y en parte sobre bases teóricas conducirá a resultados menos convincentes que si los riesgos pueden determinarse retrospectivamente gracias a estadísticas de datos

observados. Y sobre todo, los riesgos con causas poco conocidas se temen aún más, por lo general, o se consideran más grandes que los riesgos de operaciones que desde hace mucho tiempo son cuestión de rutina. Esto es válido en lo tocante a las radiaciones, incluso a pesar del hecho de que la exposición media anual de todas las fuentes artificiales (con excepción de las médicas) es probablemente inferior al 2% de la irradiación que se ha recibido siempre de fuentes naturales (Ref [20]).

Así, la importancia de la evaluación de los riesgos debidos a las radiaciones puede estribar no solamente en la necesidad de saber que la protección de la salud pública es adecuada en las circunstancias en que cierta exposición sea inevitable, ni tampoco en la necesidad de complementar cualesquiera límites se recomienden con una aclaración de sus consecuencias, sino que debe estribar también, en parte, en un intento de conseguir que la opinión pública bien informada y sus representantes tomen decisiones correctas y fundamentadas que reduzcan a un mínimo los daños para los seres humanos.

---

Este artículo es el texto de una contribución al Seminario monográfico sobre las consecuencias prácticas de la aplicación de las Recomendaciones de la CIPR (1977) y de las Normas básicas de seguridad revisadas del OIEA en materia de protección radiológica, Viena, 5-9 de marzo de 1979.

---

#### Referencias

- [1] Publicación 26 de la CIPR, Recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones, Anales de la CIPR 1 1 (1977).
- [2] Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas. Informe para la Asamblea General (1977) Fuentes y efectos de las radiaciones ionizantes, (Naciones Unidas, Nueva York) (1977).
- [3] POCHIN, E.E., "Why be Quantitative about Radiation Risk Estimates?" (U.S.) National Council on Radiation Protection and Measurements: 2ª conferencia de Lauriston Taylor en los Estados Unidos (1978).
- [4] VENNART, J., Limits for Intakes of Radionuclides for Workers, (IAEA-SR-36/52). Memoria presentada al Seminario monográfico sobre las consecuencias prácticas de la aplicación de las Recomendaciones de la CIPR (1977) y de las Normas básicas de seguridad revisadas del OIEA en materia de protección radiológica, Viena, 5 a 9 de marzo de 1979.
- [5] BROWN, J.M., Linearity vs. Non-Linearity of Dose Response for Radiation Carcinogenesis, Health Phys. 31 (1976) 231.
- [6] SEARLE, A.G., "Use of Doubling Doses for the Estimation of Genetic Risks". Comisión de las Comunidades Europeas: Informe sobre el Simposio sobre equivalencias en rads, Eur 5725e (1977) pp 133-145.
- [7] SANKARANARAYANAN, K., Evaluation and Re-Evaluation of Genetic Radiation Hazards in Man. III. Other Relevant Data and Risk Assessment, Mutation Research 35 (1976) 387.
- [8] Publicación 27 de la CIPR, Problems Involved in Developing an Index of Harm. Anales de la CIPR 1 4 (1977) 1.
- [9] Accident Facts, (US) National Safety Council (desde 1955) Chicago.
- [10] Inspector Jefe de Factorías (Reino Unido), Informes anuales (desde 1959).
- [11] Health and Safety Executive (1970). Industry and Services, London: HMSO.
- [12] Statistiques Nationales d'accidents du Travail (1968-1970), Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés.
- [13] LUNDIN, F.E., Jr., y otros, Mortality of Uranium Miners in Relation to Radiation Exposure, Hard-Rock Mining and Cigarette Smoking - 1950 a septiembre de 1967, Health Physics 16 (1969) 571.
- [14] POCHIN, E.E., Estimates of Industrial and Other Risks, J. Roy Coll. Physns. 12 3 (1978) 210.
- [15] STARR, C., "Benefit cost relationships in socio-technical systems", Simposio sobre las centrales nucleares y el medio ambiente, IAEA-SM 146/47, Nueva York (1970).
- [16] KLETZ, T.A., "What risks should be run?", New Scientist. (12 de mayo de 1977), 320.
- [17] ROWE, W.D., An Anatomy of Risk. John Wiley and Sons, Nueva York (1977).
- [18] KNOX, E.G., Negligible Risks to Health, Community Health 6 (1975) 244.
- [19] Valores basados en los datos de las estadísticas de mortalidad de 1974 en Inglaterra y el País de Gales, Office of Population Censuses and Surveys: DH1, No.1 and DN2, No.1.
- [20] Valores basados en los datos de Taylor, F.E. y Webb, G.A.M., "Radiation Exposure of the UK Population", National Radiological Protection Board NRPB-R77. (1978).