El problema de la protección radiológica y el análisis de riesgos en la era nuclear

por K.G. Vohra

Para asegurar la utilización ininterrumpida de la energía nuclear, es enteramente necesario, situar en su debida perspectiva el problema de la protección contra las radiaciones en la "era nuclear". Los estudios en la esfera de la protección contra las radiaciones abarcan ya cinco decenios; hoy día conocemos mejor los riesgos que entrañan las radiaciones ionizantes que los que derivan de las sustancias químicas tóxicas liberadas por las centrales alimentadas con combustible fósil, por la industria química y por los automóviles. En la presente memoria se expone un estudio comparado de los riesgos para la salud que derivan de ambas fuentes. La mortalidad por cáncer y los efectos genéticos son las dos categorías principales de riesgo asociadas tanto a las radiaciones ionizantes como a los contaminantes químicos. Debido a su variedad y a su número, los mutágenos y los carcinógenos químicos presentes en el medio ambiente humano parecen poseer un potencial mucho mayor de efectos

Cuadro I. Estimaciones de riesgo absoluto de leucemia y de otros tipos de cáncer[a] para distintos grupos de edad (Las estimaciones del riesgo se refieren a toda la vida tras el período de latencia)

Grupo de edad	Tipo de cáncer	Riesgo absoluto
0–9 años	Leucemia	2,0
0–9 años	Todas las demás neoplasias	1,0
más de 10	Leucemia	1,0
más de 10	Cáncer de mama	1,5
más de 10	Cáncer de pulmón	1,3
más de 10	Tracto gastrointestinal (estómago incluido)	1,0
más de 10	Cáncer óseo	0,2
más de 10	Todas las demás neoplasias	1,0
Total para el grupo de edad de 0–9 años		3
Total para el grupo de edad de más de 10 años		6

[a] Muertes por millón por año por rem.

El Sr. K.G. Vohra trabaja en el Centro de Investigaciones Atómicas Bhabha, Departamento de Energía Atómica, Bombay (India).

perjudiciales para el hombre que las radiaciones. En el presente estudio comparado se considera el riesgo de mortalidad por cáncer para las poblaciones e individuos expuestos. Un análisis comparado del riesgo que entrañan las dos fuentes estudiadas pone de manifiesto la urgencia de minimizar los riesgos asociados a los agentes químicos, en particular los carcinógenos derivados de fuentes energéticas no nucleares.

ANALISIS DEL RIESGO RESPECTO DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

Las pruebas de la inducción del cáncer en el hombre por las radiaciones ionizantes son totalmente inequívocas y todos los análisis de riesgos suelen basarse en esta aseveración. El riesgo absoluto de un determinado tipo de cáncer se expresa en general en términos de minero de muertes por año o de número de casos de cáncer por año en una población de un millón expuesta a una dosis de 1 rad o de 1 rem. Los datos cuantitativos del riesgo para dosis más bajas se obtienen por extrapolación partiendo de la experiencia adquirida en

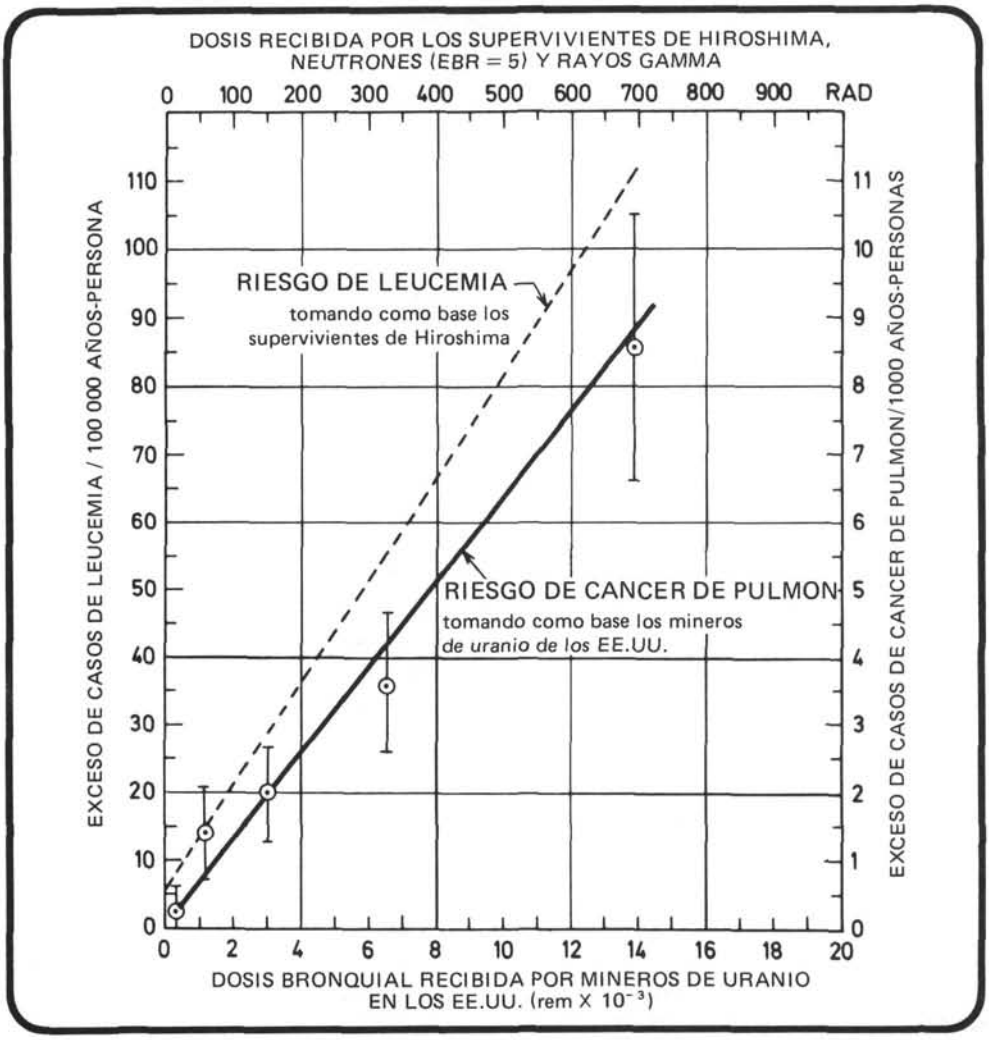

Figura 1. Curva dosis respuesta para los supervivientes de Hiroshima (1950–1966) y mineros de uranio de los Estados Unidos (1951–1971) (tomada de la ref. [1]).

la exposición del hombre a dosis o tasas de dosis altas. Los grupos expuestos pertenecientes a esta categoría son los supervivientes de las bombas atómicas de Hiroshima y Nagasaki, ciertos grupos de pacientes irradiados con fines terapéuticos y algunos grupos profesionalmente expuestos. El Cuadro I presenta una estimación del riesgo absoluto para distintos tipos de cáncer, basada en la incidencia de casos mortales en los citados grupos y compilada por el Comité Asesor de los Estados Unidos sobre los Efectos Biológicos de las Radiaciones Ionizantes (Comité BEIR) [1]. La Figura 1 ilustra los datos típicos para el hombre sobre la respuesta a la dosis utilizados para las estimaciones del riesgo indicada en el Cuadro 1 (leucemia y cáncer de pulmón). En estas estimaciones del riesgo se toma también en consideración la eficacia biológica relativa (EBR) de la radiación de que se trate. Al extrapolar de dosis altas a dosis más bajas se supone que la incidencia de neoplasias es directamente proporcional a la dosis y que no existe dosis umbral alguna que no sea cancerígena. Aunque este último supuesto parece científicamente correcto, es posible que la linealidad de la relación no sea válida para todos los tipos de exposición. Las estimaciones del riesgo indicadas en el Cuadro 1 para exposiciones únicas sirven para calcular el número de muertes por año resultantes de una exposición continua a una tasa de 1 rem/año durante toda la vida. Este cálculo se ha hecho partiendo de datos presentados en el informe del Comité BEIR [1] y el valor estimado es de 150 muertes por millón por rem/año, con un límite superior más probable de 200 muertes por millón por rem/año. Este último valor se utilizará para calcular el riesgo de muerte por cáncer debido a una exposición continua de grupos de individuos que reciben dosis resultantes de las descargas de desechos líquidos y gaseosos de centrales nucleares, así como para la evaluación del riesgo en las distintas etapas del ciclo del combustible nuclear. Es también útil para estimar los riesgos de exposición profesional en la industria nuclear y de exposición médica.

Pasemos a examinar las dosis realmente recibidas por los grupos de población expuestos a diferentes fuentes, en particular, la explotación de centrales nuclear, y a evaluar el riesgo. Las dosis más altas recibidas por el hombre siguen procediendo de fuentes naturales: rayos cósmicos, radiación terrestre, ^{40}K, ^{226}Ra y ^{210}Po absorbidos por los tejidos y huesos, productos descendientes del radón depositados en el tracto respiratorio durante la inhalación, y otras sustancias radiactivas naturales que llegan al cuerpo humano. La dosis media procedente de todas estas fuentes asciende a casi a 100 mrem/año, o 3 rem en 30 años. Esta dosis es emitida de modo continuo a una tasa extremadamente baja. Resulta de la exposición a radiaciones tanto de alta y como de baja TLE y afecta a la mayoría de los lugares del cuerpo humano potencialmente susceptibles al cáncer.

Si bien las fuentes naturales dan lugar a una exposición de la población del mundo entero, las dosis resultantes de la explotación de centrales nucleares que interesa para la evaluación del riesgo las reciben únicamente algunos grupos de individuos expuestos a las descargas de desechos líquidos y gaseosos de esas centrales, además de los trabajadores profesionalmente expuestos. La dosis para la población resultante de estas exposiciones varía según el diseño y las condiciones de explotación de los reactores y, en general, es muy inferior a los límites de dosis fijados por la CIRP. La dosis media recibida por grupos de individuos expuestos a las descargas de una central nuclear se estima que es inferior a 5 mrem/año para un programa nucleoeléctrico totalmente desarrollado siguiendo prácticas técnicas correctas. Esto ha quedado ampliamente demostrado en un número de grandes centrales [2,3]. Esta dosis asciende a casi el 5% de la dosis natural de 100 mrem/año, e incluye tanto la irradiación interna como la externa. El riesgo corresponde a un solo caso adicional de muerte por cáncer por año por millón del grupo expuesto, incluso si tomamos la estimación más alta de 200 muertes por cáncer por millón por rem/año. Este único caso adicional estimado debe considerarse teniendo en cuenta las muertes por cáncer espontáneo en el intervalo de 1000 a 2000 personas por millón por año estimadas para muchas regiones del mundo, y carece de significación estadística.

Las irradiaciones que realmente merecen seria atención son las recibidas en medicina, en particular las resultantes del diagnóstico mediante rayos X y de la radioterapia. La dosis somática anual resultante de actividades de diagnóstico se calcula que está comprendida en el intervalo de 20 a 100 mrem, según la naturaleza y la frecuencia de los exámenes y la buena calidad de las prácticas de diagnóstico. Si suponemos que 50 mrem es la dosis anual media para grupos de pacientes expuestos como consecuencia de trabajos médicos, su riesgo de cáncer será de 10 por millón por año, es decir, también pequeño. Las demás fuentes de radioexposición son las precipitaciones, el empleo de televisores, el uso de instrumentos industriales y domésticos, los viajes en avión, etc. Su contribución es también muy pequeña en comparación con la exposición del hombre a las radiaciones naturales D.

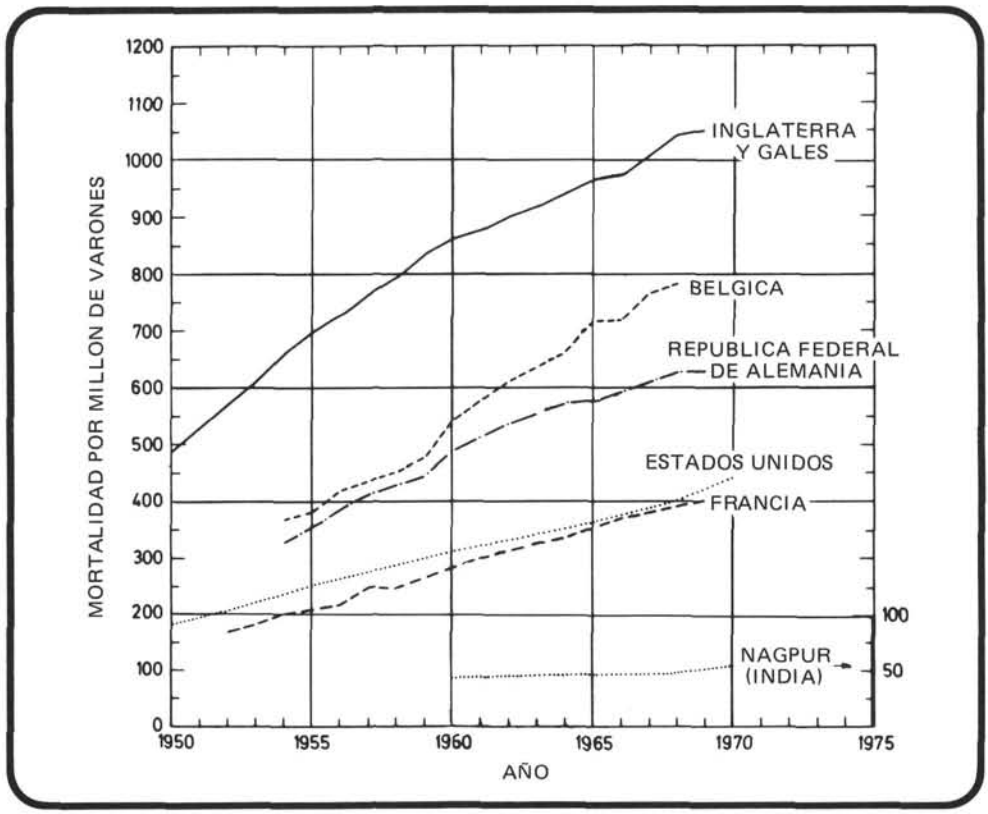

Figura 2. Tendencia creciente de la mortalidad por cáncer de pulmón en varones para ciertos países de Europa Occidental, Estados Unidos y Nagpur (India).

ANALISIS DEL RIESGO RESPECTO DE LOS CONTAMINANTES QUIMICOS TOXICOS

Aunque es sabido que varios contaminantes químicos producen distintos tipos de cáncer, se carece de información sistematizada relativa al hombre que sirva para un análisis numérico del riesgo como en el caso de las radiaciones ionizantes. Además del cáncer, los contaminantes químicos ocasionan también la muerte a causa de cardiopatías enfisemas, bronquitis crónica, etc. El análisis global del riesgo debe incluir la muerte por todas estas causas. Durante los *últimos 20 años se ha registrado un rápido aumento* de la incidencia de las muertes por cáncer y por cardiopatías, y probablemente la mayor parte de este aumento se debe a los

contaminantes químicos. Se estima que casi el 50% de todas las muertes se deben al cáncer y las enfermedades cardiacas [4].

Se han identificado varios de los contaminantes cancerígenos presentes en el medio ambiente. Entre ellos figuran sustancias inorgánicas como el amianto, el arsénico, el cromo y el níquel, y sustancias orgánicas, por ejemplo, el benzo(a)pireno, la bencidina, el cloruro de vinilo y el alquitrán de hulla. El benzo(a)pireno se produce en cantidades considerables en la combustión del carbón y se encuentra también en los gases de escape de los automóviles. Un análisis del riesgo basado en estudios epidemiológicos en gran escala puede facilitar útil información sobre el riesgo que estos contaminantes entrañan para grandes grupos de población. Así se ha hecho, tomando como base datos recientemente obtenidos que ponen de manifiesto la tendencia al aumento del número de casos de cáncer de pulmón imputable a la contaminación del aire. La Figura 2 indica el número de muertes por cáncer de pulmón en algunos países de la Europa Occidental [5], en los Estados Unidos de América, [6] y en la India [7, 8]. Puede observarse un aumento continuo de la incidencia del cáncer de pulmón de 1950 a 1970. Este aumento puede estar asociado al incremento continuo de la producción de electricidad a partir del carbón y del petróleo, aunque tal vez entren también en juego otros factores.

Es bien sabido que la contaminación del aire y el consumo de cigarrillos son causa de cáncer de pulmón. Para determinar la contribución de la contaminación del aire se han empleado métodos de análisis regresivo, utilizando los datos sobre la mortalidad por cáncer de pulmón y la información disponible sobre la contaminación por el humo y consumo de cigarrillos, [9], con el objeto de descubrir el aumento de la incidencia del cáncer debido a contaminantes procedentes de la combustión del carbón en centrales alimentadas con combustibles fósiles. Este análisis puso de manifiesto un incremento de casi 152 casos de muerte por cáncer de pulmón por millón por año, por tonelada de carbón consumido por persona, en una población en la que la tasa de mortalidad por cáncer de pulmón específica para la edad y el sexo era de 750 por millón por todas las causas (Inglaterra y Gales, 1958–1959). Aunque existen limitaciones en el modelo fijado para el análisis, las estimaciones demuestran que el riesgo de cáncer de pulmón asociado a centrales alimentadas con carbón es varios órdenes de magnitud más elevado que el debido a centrales nucleares. El análisis regresivo puso también de manifiesto un incremento del 15% en la tasa de mortalidad media por cáncer de pulmón causado por el consumo de cigarrillos (para 10^3 cigarrillos por año). El riesgo global debido a contaminantes procedentes de centrales de carbón, incluida la muerte por causas distintas del cáncer de pulmón, sería incluso más elevado. Se efectuó un análisis análogo de las muertes por cáncer de pulmón resultantes de la inhalación de carcinógeno específico benzo(a)pireno, procedente de la combustión del carbón, tomando como base numerosos datos de 48 Estados de los Estados Unidos relativos a la concentración de este carcinógeno y a la incidencia total del cáncer de pulmón [9]. El análisis indicó un incremento de casi 48 casos de muerte por cáncer de pulmón por millón, por ng/m^3 de benzo(a)pireno, en una población con una tasa total de mortalidad por cáncer de pulmón de casi 867 por millón. De este modo, incluso un solo carcinógeno químico presenta un riesgo que es un orden de magnitud más elevado que el de las descargas de las centrales nucleares.

Si consideramos ahora el incremento del número total de muertes por cáncer de pulmón durante los últimos 20 años (Figura 2) y estimamos en un 85% el aumento debido a la contaminación del aire (excluido el 15% debido al consumo de tabaco), podemos calcular el riesgo total de cáncer de pulmón por la contaminación del aire. La Figura 2 indica casi 500 casos adicionales por millón para Inglaterra y Gales, de los cuales 425 son artibuibles a contaminantes del aire, en una población con una tasa total de mortalidad por cáncer de pulmón de 1050 por millón en 1970.

Cuadro II. Resumen del número estimado de muertes por cáncer por millón debido a las descargas de centrales nucleares y de las centrales alimentadas con carbón: benzo(a)pireno y contaminantes en general del aire.

Naturaleza de la exposicón	Tipo de riesgo considerado	Total de muertes por millón consecuencia del riesgo considerado en la columna 2	Contribución de la exposición conforme a la columna 1	Porcentaje del total de muertes debidas a exposición
1	2	3	4	5
Dosis de 5 mrem de efluentes nucleares	Cáncer, incluida la leucemia	1500[a]	1	0,06
Benzo(a)pireno en el aire de zonas urbanas	Cáncer de pulmón (incremento por ng/m^3)	867[b]	48	5,5
Efluentes de centrales alimentadas con carbón	Cáncer del pulmón (incremento por tonelada de carbón por persona)	750[b]	142	19,0
Contaminantes en general del aire	Cáncer de pulmón	1050[b]	425	41,9

[a] Promedio estimado medio de muertes por cáncer por millón por año.
[b] Número estimado de muertes por cáncer de pulmón por millón por año en la población considerada (véase el texto).

Todos los datos anteriormente indicados sobre análisis de riesgos se incluyen en el Cuadro II, que contiene un resumen de los casos de muerte por cáncer por millón resultantes de diferentes exposiciones a contaminantes, incluidas las descargas de las centrales nucleares y de las centrales de carbón, el benzo(a)pireno y los contaminantes en general del aire. El efecto porcentual de las distintas exposiciones en términos de muertes por cáncer es de un 0,06% para las centrales nucleares, un 19% para los efluentes de centrales de carbón y un 41,9% para los contamientes en general del aire. En cuanto al benzo(a)pireno, carcinógeno específico procedente de la combustión del carbón, el efecto, es decir el incremento del número de casos de cáncer de pulmón, es de un 5,5% por ng/m^3. Aunque esta comparación se base en datos procedentes de diferentes países, es lo bastante notable para dar una idea general del problema.

RIESGOS COMPARADOS DE LA ENERGIA NUCLEOELECTRICA Y DE LA COMBUSTION DEL CARBON

Estamos ya en condiciones de situar en su debida perspectiva los riesgos comparados que entrañan la energía nucleoeléctrica y la electricidad producida por la combustión del carbón, tomando como base, respectivamente, la radioexposición y la absorción de benzo(a)-

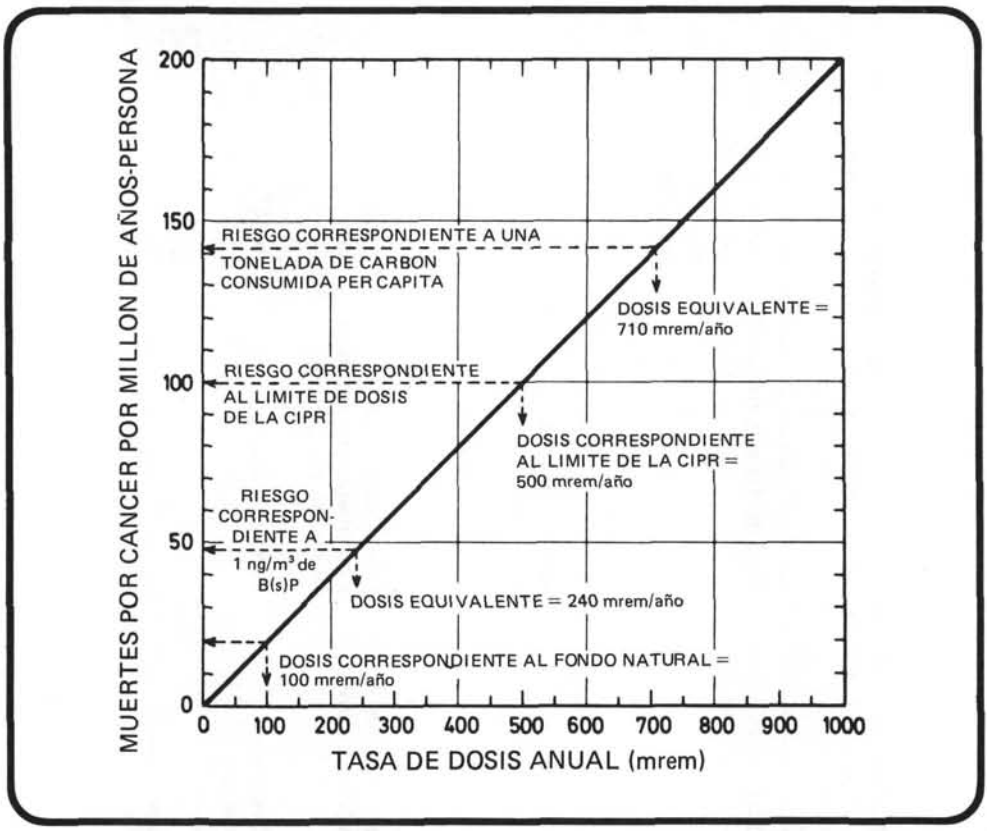

Figura 3. Riesgo de cáncer debido a la radioexposición, tomando como base el informe del *Comité BEIR. Se indican también los equivalentes de dosis para el cáncer de pulmón, el riesgo* resultante de la producción de electricidad por combustión de carbón y el riesgo que corresponde a la inhalación de benzo(a)pireno.

pireno. La carcinogenicidad potencial de una y otra ha sido establecida de forma definitiva, en parte como resultado de la experencia humana y en parte mediante experimentos realizados con animales empleando altas dosis de irradiación. No es probable que las bajas dosis de radiaciones ionizantes provoquen ningún nuevo tipo de daños ya que el hombre ha estado siempre expuesto a una dosis relativamente alta de radiación natural. Por tanto, si reconocemos las limitaciones inherentes a ambas estimaciones del riesgo, una comparación numérica proporciona una buena base para evaluar la seguridad de un determinado sistema. Esta comparación, presentada en el Cuadro II, exige algunas aclaraciones suplementarias. Las estimaciones del riesgo correspondientes a la energía nucleoeléctrica suponen un elevado grado de seguridad técnica en el diseño de la central y una adecuada selección del emplazamiento para evitar la exposición de cualquier grupo de población a cantidades indebidamente grandes de efluentes de múltiples centrales. Todos estos factores se reflejan en el riguroso límite de exposición fijado en 5 mrem/año para un programa nucleoeléctrico de importancia. El límite para una exposición de esta índole recomendado por la CIPR es de 500 mrem/año, es decir 100 veces superior. Comparemos ahora estos límites con el riesgo de absorción de benzo(a)pireno.

La Figura 3 es una representación gráfica del riesgo de cáncer (muertes por millón por año) en el caso de una exposición continua a diferentes tasas de dosis anual de radiaciones ionizantes. El gráfico indica también las dosis equivalentes de radiación para una tonelada de carbón consumido per cápita y para 1 ng/m^3 de benzo(a)pireno en el aire. La dosis equivalente de 1 gn/m^3 de benzo(a)pireno para el mismo riesgo, es decir 48 muertes por millón (Cuadro II), es de 240 mrem/año. Esto constituye el 48% de la exposición permisible de 500 mrem/año para los individuos recomendada por el CIPR. La concentración de benzo(a)pireno en distintas ciudades del mundo oscila entre 1 y 4 ng/m^3 (excluidas las zonas de alta densidad industrial). A partir de estos valores puede deducirse que el riesgo actual de inhalación de benzo(a)pireno es por sí solo casi igual a 100 veces el riesgo de recibir la dosis proyectada de radiación correspondiente a un programa nucleoeléctrico de importancia.

RIESGOS PROFESIONALES EN EL CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR

Para un análisis completo del riesgo correspondiente al ciclo del combustible nuclear es necesario considerar los peligros asociados a cada etapa de las operaciones, comprendidas la extracción, tratamiento mecánico y elaboración del uranio, la fabricación del combustible, la explotación de los reactores y la reelaboración del combustible. Partiendo de la dosis media estimada para cada una de las operaciones, es posible estimar el riesgo de cáncer que corresponde a cada una de ellas, utilizando también una tasa de 200 muertes por millón por año/rem estimado por el Comité BEIR en el caso de una exposición continua o crónica. Estos datos figuran en el Cuadro III, en el que el riesgo se estima en términos de número de casos por 10 000 trabajadores. La última columna indica el riesgo de incidencia espontánea del cáncer. En el caso de los mineros de uranio, el riesgo es actualmente de solo 1 por 10 000, frente a una tasa de exceso de muertes de 15 por 10 000 obtenida en una encuesta efectuada para el período 1950–1967 [10]. Para todas estas etapas del ciclo del combustible el riesgo es inferior a la unidad. En análisis del riesgo para el ciclo del combustible de los reactores rápidos reproductores de metal líquido LMFBR puede basarse en la liberación de ^{239}Pu y de otros elementos transuránicos en la reelaboración del combustible destinado a estos reactores. La dosis para la población debida a liberaciones o descargas de una planta de reelaboración del combustible para reactores LMFBR de 1000 MW(e) solo asciende a 10^{-8} de la dosis γ natural, lo que da una estimación del riesgo extremamente pequeña en la escala considerada [11].

En comparación, una sola central de 1000 MW(e) alimentada con carbón supone casi dos muertes por año, incluyendo las operaciones de extracción, tratamiento y transporte [12].

Cuadro III. Estimación del riesgo profesional correspondiente a las distintas etapas del ciclo del combustible nuclear para una exposición de todo el cuerpo

Etapa del ciclo del combustible	Promedio de exposición individual (mrem/año)	Riesgo estimado de cáncer (casos/10 000)	Riesgo de cáncer espontáneo casos/10 000)
Extracción	500	1	15
Tratamiento mecánico y elaboración	100	0,2	15
Explotación de reactores	200	0,4	15
Transporte del combustible	50	0,1	15
Plantas de reelaboración	200	0,4	15

Notas:

1. Los riesgos se han estimado para 10 000 personas empleadas en cada una de las operaciones. Para el número de personas realmente empleadas el riesgo tiende a ser despreciable comparado con la incidencia espontánea.
2. Las estimaciones de riesgo para los mineros se refiere únicamente a la dosis de irradiación externa recibida por todo el cuerpo.
3. Los valores de las exposiciones individuales son las mejores estimaciones de que se dispone de distintas fuentes. Para la explotación de los reactores véase ref. [14].

Se sabe que la exposición industrial a algunos agentes químicos extraña de 10 a 30 muertes por cáncer al año por cada 10 000 trabajadores [13]. El empleo industrial de cloruro de vinilo, de bencidina y de otras varias sustancias químicas ha conducido a una amplia incidencia del cáncer, y actualmente se están adoptando medidas para reducir estos riesgos profesionales. De hecho, la industria química y otras industrias podrían aprender mucho de la industria nuclear para disminuir los riesgos profesionales así como los riesgos para la población.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Para evaluar los riesgos de mortalidad por cáncer para distintas dosis, se ha recurrido a un análisis cuantitativo del riesgo basado en la exposición del hombre a las radiaciones. El riesgo correspondiente a la dosis estimada de 5 mrem para los grupos de individuos expuestos a las descargas de centrales nucleares es de uno solo por millón por año, valor desprovisto de significación estadística comparado con la base de mortalidad por cáncer espontáneo de 1000 a 2000 por millón por año. La exposición con fines de diagnostico conducen a dosis y riesgos superiores en un factor de 10. También se ha procedido al análisis del riesgo correspondiente a los contaminantes químicos, en particular los productos de la combustión del carbón, inclusive el bien conocido carcinógeno benzo(a)pireno. Se ha llegado a la conclusión de que el riesgo actual de inhalación de benzo(a)pireno presente en el aire de las zonas urbanas equivale a casi 100 veces el riesgo de radioexposición como consecuencia de un programa nucleoeléctrico importante. El análisis realizado de los riesgos profesionales que entraña el

ciclo del combustible nuclear muestra también que el riesgo global es extremadamente pequeño comparado con los asociados a la producción de electricidad a partir de combustibles fósiles.

Referencias

[1] US NATIONAL RESEARCH COUNCIL, The Effects on Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiations, Report of the Advisory Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations, Washington (1972).

[2] DAS GUPTA, A.K., TANIGUCHI, H., MEASURES, M.P., "Canadian experience in assessing population exposures from Candu reactores", Population Dose Evaluation and Standards for Man and His Environment (Proc. Symp. Portoroz, 1974), IAEA, Vienna (1974) 261.
La población y el empleo de normas básicas de protección radiológica respecto del hombre y el medio ambiente (Actas del Simposio de Portoroz, 1974), OIEA, Viena (1974) 261.

[3] BAYER, A., KRISHNAMURTHI, T.N., SCHÜCKLER, M., "Population dose considerations for the release of tritium, noble gases and 1—131 in a special region", ibid., 235.

[4] US COUNCIL ON ENVIRONMENTAL QUALITY, Environmental Quality, 6th Annual Report, Washington (1975).

[5] CONSEJO DE EUROPA, Lung Cancer in Western Europe 2ª ed. Estrasburgo (1972).

[6] MILLER, J.A., MILLER, E.C., "Chemical and radiation carcinogenesis in man and experimental animals", Actas del 5º Congreso Internacional de Investigaciones sobre Radiaciones, Seattle, 1974, Academic Press (1975) 158.

[7] RAO, G.R., SHINDE, A.V., Indian J. Cancer 13 (1976) 1.

[8] PAYMESTER, J.C., GANGADHARAN, P., J. Indian Med. Assoc. 57 (1971) 63.

[9] CARNOW, B.W., MEIER, P., Arch. Environ, Health 27 (1974) 207.

[10] LUNDIN, F.E., Jr. et al., Health Phys. 16 (1969) 571.

[11] BARR, N.F., "Assessment of potential health consequences of transuranium elements", Population Dose Evaluation and Standards for Man and His Environment (Proc. Symp. Portoroz, 1974). IAEA, Vienna (1974) 451. La población y el empleo de normas básicas de protección radiológica respecto del hombre y del medio ambiente (Actas del Simposio de Portoroz, 1974), OIEA, Viena (1974) 451.

[12] HAMILTON, L.D., MORRIS, S.C., 1974 Mid-Year Topical Symp. Population Exposures, Knoxville, 1974, Tech. Rep. CONF. 741018 (1974). Informe Técnico, CONF. 741018 (1974).

[13] POCHIN, E.E., Community Health 6 (1974) 2.

[14] US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Estimates of Ionizing Radiation Doses in the United States, 1960—2000, Report of the Special Studies Group, Division of Criteria and Standards, Office of Radiation Programs, Rockville, Maryland, ORP/CSD 72—1 (1972).

La presente memoria fue presentada en la Conferencia internacional sobre la energía nucleoeléctrica y su ciclo del combustible celebrada del 2 al 13 de mayo de 1977 en Salzburgo (Austria).

Noticiero del TNP, Nº 2

En 15 de septiembre de 1978 el Organismo Internacional de Energía Atómica tenía concertados acuerdos de salvaguardias con 75 Estados no poseedores de armas nucleares Partes en el Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares (TNP). En 59 de dichos Estados ya habían entrado en vigor los acuerdos de salvaguardia. Además, la Junta de Gobernadores del OIEA había aprobado acuerdos de salvaguardias con 16 Estados no poseedores de armas nucleares, que aún no habían entrado en vigor. La fecha que figura entre paréntesis después de ciertos Estados indica cuándo debería haber entrado o debería entrar en vigor el correspondiente acuerdo de salvaguardias en relación con el TNP.

NOTAS:

En negrita: Estados que tienen en vigor acuerdos de salvaguardias en relación con el TNP
En cursiva: Estados que no tienen en vigor acuerdos de salvaguardias en relación con el TNP
*: Acuerdo de salvaguardias aprobado (trámites finalizados) pero que aún no ha entrado en vigor.

ESTADOS NO POSEEDORES DE ARMAS NUCLEARES PARTES EN EL TNP

1. **Afganistán**
2. *Alto Volta (5 de marzo de 1972)*
3. **Australia**
4. **Austria**
5. *Bahamas (10 de enero de 1975)*
6. **Bélgica**
7. *Benin (30 de abril de 1974)*
8. *Bolivia* (5 de marzo de 1972)*
9. *Botswana (5 de marzo de 1972)*
10. **Bulgaria**
11. *Burundi (19 de septiembre de 1972)*
12. **Canadá**
13. *Costa de Marfil (6 de septiembre de 1974)*
14. *Costa Rica* (5 de marzo de 1972)*
15. *Chad (10 de septiembre de 1972)*
16. **Checoslovaquia**
17. **Chipre**
18. **Dinamarca**
19. **Ecuador**
20. **El Salvador**
21. **Etiopía**
22. **Fiji**
23. **Filipinas**
24. **Finlandia**
25. *Gabón* (7 de agosto de 1975)*
26. **Gambia**
27. **Ghana**
28. *Granada (19 de febrero de 1976)*
29. **Grecia**
30. *Guatemala* (22 de marzo de 1972)*
31. *Haití* (2 de junio de 1972)*
32. **Honduras**
33. **Hungría**
34. *Imperio Centroafricano (25 de abril de 1972)*
35. **Irán**
36. **Iraq**
37. **Irlanda**
38. **Islandia**
39. **Italia**
40. *Jamahiriya Arabe Libia (26 de noviembre de 1976)*
41. *Jamaica* (5 de marzo de 1972)*
42. **Japón**

43. **Jordania**
44. *Kampuchea Democrática (2 de diciembre de 1973)*
45. *Kenya (5 de marzo de 1972)*
46. **Lesotho**
47. **Líbano**
48. *Liberia (5 de marzo de 1972)*
49. *Liechtenstein* (20 de octubre de 1979)*
50. **Luxemburgo**
51. **Madagascar**
52. **Malasia**
53. **Maldivas**
54. *Malí (5 de marzo de 1972)*
55. *Malta (5 de marzo de 1972)*
56. **Marruecos**
57. **Mauricio**
58. **México**
59. **Mongolia**
60. **Nepal**
61. **Nicaragua**
62. *Nigeria (5 de marzo de 1972)*
63. **Noruega**
64. **Nueva Zelandia**
65. **Países Bajos**
66. *Panamá (13 de julio de 1978)*
67. *Paraguay* (5 de marzo de 1972)*
68. *Perú* (5 de marzo de 1972)*
69. **Polonia**
70. *Portugal* (15 de junio de 1979)*
71. *República Arabe Siria (5 de marzo de 1972)*
72. **República de Corea**
73. **República Democrática Alemana**
74. *República Democrática Popular Lao (5 de marzo de 1972)*
75. **República Dominicana**
76. **República Federal de Alemania**
77. *República Unida del Camerún (5 de marzo de 1972)*
78. **Rumania**
79. *Rwanda (20 de noviembre de 1976)*
80. *Samoa* (18 de septiembre de 1977)*
81. *San Marino* (5 de marzo de 1972)*
82. **Santa Sede**
83. *Senegal* (17 de junio de 1972)*
84. *Sierra Leona* (26 de agosto de 1976)*
85. **Singapur**
86. *Somalia (5 de marzo de 1972)*
87. **Sudán**
88. **Suecia**
89. **Suiza**
90. **Surinam**
91. **Swazilandia**
92. **Tailandia**
93. *Togo (5 de marzo de 1972)*
94. *Tonga* (7 de enero de 1973)*
95. *Túnez (5 de marzo de 1972)*
96. **Uruguay**
97. *Venezuela* (26 de marzo de 1977)*
98. **Yugoslavia**
99. **Zaire**

[100. *("República de China" (5 de marzo de 1972)]*[1]

[101. *(República Socialista de Viet Nam — (10 de marzo de 1973)]*[1]

CAMBIOS RESPECTO DEL ANTERIOR NOTICIERO

Gambia: El acuerdo de salvaguardias ha entrado en vigor.
Suiza: El acuerdo de salvaguardias ha entrado en vigor.
Venezuela: El acuerdo de salvaguardias ha sido aprobado pero aún no ha entrado en vigor.

---

[1] La "República de China" ha ratificado el TNP. La República Socialista de Viet Nam está estudiando su posición con respecto al TNP.