

06.87.21

Niveles de intervención política seguida por la ICRP y desarrollos basados en ella

Dan Beninson

1. INTRODUCCION

1. La amplia dispersión de radionucleidos que se produjo luego del accidente de Chernobil y la entrada de éstos en las cadenas alimenticias han hecho focalizar la atención en las consecuencias de un accidente nuclear que se producen a largo plazo y abarcando una superficie muy extensa. En particular, se han convertido en temas de importancia fundamental aquellos problemas relacionados con la selección de niveles de intervención apropiados para la introducción de contramedidas que impliquen una restricción del consumo de alimentos contaminados, y su impacto sobre el movimiento internacional de esos alimentos.

2. El propósito de este trabajo es presentar resumidamente las recomendaciones relevantes de la Comisión Internacional de Protección radiológica (ICRP) y analizar los desarrollos presentes basados en esas recomendaciones. Cabe acotar que, aunque el autor está involucrado en el trabajo de la ICRP, los conceptos vertidos en este trabajo no reflejan necesariamente la posición for-

principal. En el balcón nosotros observábamos los indicadores que medían el conteo neutrónico y nos decían cuán rápidamente la desintegración (fisión) de los átomos de uranio ocurría bajo el bombardeo neutrónico."

"A las 11:35 hs. los contadores golpeteaban rápidamente. De pronto con un ruidoso golpe las barras de control automático cayeron en su nicho. El nivel de seguridad había sido fijado muy bajo."

"Me pareció entonces que era la hora adecuada para ir a almorzar. Durante el mismo todos estaban pensando sobre el experimento pero ninguno habló mucho sobre él."

"A las 14:30 hs. Weil extrajo la barra de control en una serie de ajustes medidos. Poco después la intensidad mostrada por los contadores comenzó a elevarse lenta pero a una tasa siempre creciente. En ese momento sabíamos que la reacción autosostenida estaba en camino. El evento no fue espectacular, sin fusibles quemados ni luces que relampagueaban. Pero para nosotros significó que la liberación de la energía atómica en gran escala solo sería cuestión de tiempo ..."

★ ★ ★ ★ ★

mal de la Comisión, excepto cuando se hacen citas directas.

2. ALGUNOS CONCEPTOS BASICOS

3. La ICRP reconoce dos condiciones de exposición a la radiación muy diferentes entre sí [1]:

a) una en la cual la ocurrencia de la exposición a las radiaciones es previsible y -en consecuencia- puede limitársela, a través del control de la fuente de radiación aplicando el sistema de limitación de dosis, e incluyendo el desarrollo de procedimientos de operación satisfactorios; y

b) otra en la cual la fuente de la exposición a las radiaciones no esté bajo control, de manera tal que sólo es factible limitar cualquier exposición consecuente mediante acciones remediales.

4. La segunda condición es la aplicable a un accidente nuclear en la que se produce una dispersión ambiental de materiales radioactivos. La decisión de implementar las acciones remediales deberá tomar en cuenta las circunstancias particulares prevalecientes. En general, sólo será apropiado implementar contramedidas cuando el costo social y el riesgo derivado de las mismas sean menores que el costo social y el riesgo que resultaría de permitir la continuación de la exposición a radiaciones.

5. Aún cuando el sistema de limitación de dosis no sea aplicable a las situaciones en las que las exposiciones a la radiación no pueden ser limitadas a través del control de la fuente de radiación, pueden utilizarse los principios subyacentes del sistema para dar base racional a la planificación de la intervención. Esta

formulación fue resumida por la ICRP [2] de la siguiente manera:

a) Deberán evitarse los efectos no estocásticos graves mediante la implementación de contramedidas que limiten la dosis individual a niveles que se sitúen por debajo de los umbrales de ocurrencia de esos efectos.

b) Debe limitarse el riesgo de inducción de efectos estocásticos mediante la implementación de contramedidas que aseguren un beneficio positivo neto a los individuos involucrados. Esto puede alcanzarse comparando la reducción de la dosis individual -y, en consecuencia, del riesgo individual- que se produciría por la implementación de una contramedida con el aumento del riesgo individual resultante de esa contramedida.

c) Debe limitarse -tanto como sea razonablemente factible- la incidencia total de los efectos estocásticos reduciendo la dosis equivalente colectiva. Esta evaluación puede llevarse a cabo utilizando técnicas de análisis de costo-beneficio, en forma semejante al de un proceso de optimización, en el cual el costo de una reducción adicional del detrimento esté compensado por el costo de las contramedidas adicionales que deban implementarse.

6. Estos tres principios se aplican a todas las fases de un accidente nuclear de gran magnitud, pero su importancia relativa cambia a medida que desaparece la potencialidad de ocurrencia de altas dosis y el riesgo individual se hace cada vez más pequeño. En el "campo lejano y tardío", el proceso de decidir si se introduce una contramedida, o si se continúa con una ya iniciada, debe conceptualmente basarse en la justificación y optimización, tal como estipula el principio (c) y parcialmente el principio (b).

3. NIVELES DE INTERVENCION Y LIMITES DE DOSIS

7. Resulta claro de la sección precedente que los límites de dosis de radiación recomendados para las situaciones controladas no se aplican a las situaciones de emergencia. Sin embargo, se han planteado numerosas cuestiones en ese sentido relacionadas con el "campo lejano y tardío", principalmente con el caso del movimiento internacional de alimentos.

8. El principal tema planteado puede resumirse de la siguiente manera: los alimentos contaminados constituyen la fuente de exposición, la situación es controlable (restringiendo el consumo de esos alimentos) y, consecuentemente, el sistema completo de limitación de dosis -límites de dosis incluidos- sería aplicable. Este punto de vista es, sin embargo, una interpretación errónea de la intención de las recomendaciones.

9. La hipótesis de linealidad sin umbral para la inducción de los efectos estocásticos (únicos relevantes en este caso) implica que un dado incremento de dosis causa el mismo incremento de riesgo cualquiera sean las dosis previamente acumuladas o las que podrían recibirse en el futuro. En consecuencia, es posible establecer límites para un grupo definido de fuentes, de modo que estos límites correspondan a un riesgo que no se quiera exceder para ese grupo de fuentes. Los límites de dosis recomendados por la ICRP en la Publicación N°26 y en sus declaraciones posteriores tienen como objetivo su aplicación al grupo de fuentes de radiación que fuera formulado en dichos documentos, grupo en el cual no están incluidos radionucleidos dispersos en el medio ambiente como consecuencia de un accidente previo.

10. La situación es similar a la de algunas exposiciones debidas a fuentes naturales de radiación, fuentes que tampoco están incluidas en la combinación a la que los límites de dosis son aplicables. La ICRP (3) reco-

noció que casi todas las exposiciones causadas por fuentes naturales de radiación son controlables en algún grado, aunque el grado de control varía ampliamente, como así también la complejidad, el costo y los inconvenientes causados por las medidas de control posibles. En consecuencia, la posibilidad y el grado del control deben ser factores preponderantes en cualquier sistema de limitación. Desde este punto de vista, hay una diferencia clara entre situaciones **existentes** de exposición a las radiaciones, donde cualquier acción tendría que ser remedial, y situaciones **futuras**, que pueden ser objeto de limitación y control en los procesos de decisión y planeamiento.

11. La misma diferencia es aplicable al caso de los radionucleidos artificiales dispersos en el medio ambiente. En situaciones **futuras** se trata de decisiones y planificación relativas al control y a la limitación de las descargas de material radiactivo a nivel de la fuente, en tanto que en situaciones **existentes** las exposiciones pueden ser sólo modificadas mediante la implementación de alguna acción remedial en el medio ambiente. La ICRP recomienda -como una herramienta para decidir si dichas acciones remediales deben iniciarse- la utilización de un "nivel de intervención" específico de la acción considerada. No se determinan niveles de intervención mediante los límites establecidos para controlar situaciones futuras, ni tampoco, específicamente, a través de los límites primarios de dosis recomendados por la ICRP para los miembros del público.

4. JUSTIFICACION Y OPTIMIZACION EN LA SELECCION DE LOS NIVELES DE INTERVENCION

12. La decisión de implementar una contramedida debería estar basada en un balance entre el riesgo por radiación que se evita y el riesgo y las desventajas resul-

tantes de la contramedida en sí misma. Más aún, el nivel de intervención determina el inicio de un tipo particular de acción remedial, quedando implícito en su selección que el individuo expuesto debería ser llevado a una situación mejor como consecuencia de la acción remedial a ser implementada. "Mejor", en este contexto, significa tener un riesgo individual menor, alcanzado a un costo razonable en términos económicos y sociales.

13. Idealmente la justificación de una acción remedial podría estar determinada por un análisis conceptual de costo-beneficio, cuyo propósito sea asegurar que la acción sólo se implemente si el beneficio neto derivado de ella es positivo. Este beneficio puede expresarse como:

$$B = Y_0 - Y_1 - R - X$$

donde: B es el beneficio neto

Y_0 es el costo del detrimento atribuible a la radiación si **no** se implementa la acción remedial;

Y_1 es el costo del detrimento remanente si se implementa la acción remedial;

R es el costo del detrimento causado por los riesgos generados por la acción remedial en sí misma, y

X es el costo de la acción remedial.

En la práctica, resulta difícil cuantificar todos los términos de la ecuación anterior por lo que es necesario hacer juicios de valor subjetivos, similares a

aquéllos involucrados en la mayoría de las decisiones sociales y económicas.

14. Si se decide la intervención, entonces la selección apropiada del nivel de intervención puede optimizar la situación en el sentido de maximizar el beneficio social neto. Suponiendo que el costo del detrimento debido a los riesgos derivados de la acción remedial en sí misma es independiente del valor del nivel de intervención, la condición de optimización resulta ser:

$$\frac{dX}{dI} + \frac{dY_1}{dI} = 0$$

donde I es el nivel de intervención o algún nivel de intervención derivado. Es importante observar que el costo de la contramedida puede tener un gran componente que sea independiente del valor del nivel de intervención, que debe ser tenido en cuenta en la justificación de la intervención pero que no influye en la optimización de la selección del nivel de intervención.

15. Si se supone también que, en el "campo lejano y tardío", sólo el llamado "término α " del costo del detrimento es relevante para la optimización, la condición de optimización puede expresarse como:

$$\frac{dX(I)}{dI} + \frac{\alpha}{dI} \frac{dS_1}{dI} = 0$$

donde: $X(I)$ representa la parte del costo de la contramedida, que es función del nivel de intervención;

α es el valor monetario asignado por unidad de dosis colectiva, y

S_1 es la dosis colectiva remanente luego de haberse implementado la contramedida.

16. Un procedimiento muy simple de optimización, similar al utilizado en otras decisiones (4), puede formularse para aquellas situaciones en las que la intervención tiene efectividad total mientras está aplicada, y en las que la dosis colectiva y el costo de la acción de reparación son proporcionales al número de individuos afectados por la contramedida.

17. Si la contramedida se implementa durante un tiempo τ -durante el cual las dosis individuales son nulas y luego se la levanta, el costo y la dosis colectiva remanente pueden expresarse como:

$$X = \alpha N \tau$$

$$S_1 = N \int_{\tau}^{\infty} \dot{H}(t) dt$$

donde: α es el costo de la acción remedial por persona y por unidad de tiempo,

N es el número de personas afectadas por la contramedida, y

$\dot{H}(t)$ es la tasa de dosis individual en función del tiempo, si no se aplica la contramedida.

18. La condición de optimización descripta anteriormente puede expresarse como:

$$\frac{dX(\tau)}{d\tau} + \alpha \frac{dS_1}{d\tau} = 0$$

y, en consecuencia:

$$\dot{H}_0(\tau) = \frac{a}{\alpha}$$

donde $\dot{H}_0(\tau)$ es el valor óptimo para el nivel de intervención de tasa de dosis individual. Debe notarse que la relación a/α debe ser en general menos sensible a la ubicación geográfica que a o α considerados individualmente, puesto que los países más ricos -donde a resultaría mayor- van a asignar, muy probablemente, valores también más altos a α .

19. Este procedimiento de optimización aplicado a la selección de niveles de intervención para restringir el uso de alimentos contaminados, puede calcular en forma directa el nivel de intervención derivado, expresado en concentración de actividad. En este caso, el costo de la acción de la contramedida por persona y por unidad de tiempo está dado por la expresión:

$$a = b \cdot C$$

donde: b es el costo por unidad de masa del alimento y ;

C es el consumo de ese alimento por persona y por unidad de tiempo.

20. La tasa de dosis individual (más precisamente, la dosis individual comprometida por unidad de tiempo, $\dot{H}$) está dada por la expresión:

$$H = A C F$$

donde: A es la concentración de actividad, y

F es un factor dosimétrico que representa la dosis por unidad de actividad ingerida del nucleído en cuestión.

21. Se deduce fácilmente que el nivel de intervención optimizado a/α corresponde a una concentración de actividad A_I , tal que:

$$A_I = \frac{b}{\alpha F}$$

Este nivel, "nivel de intervención derivado", será -muy probablemente- relativamente insensible a la ubicación geográfica, por las mismas razones que se indicaran anteriormente.

22. Niveles de intervención derivados de esta naturaleza, se aplican a tipos individuales de alimentos independientemente de la contaminación de otros alimentos. Por este motivo son de fácil aplicación en la práctica. Sin embargo, si un gran número de alimentos está contaminado y sus niveles de contaminación son relativamente altos, las autoridades nacionales competentes deberían analizar la situación para evitar la posibilidad de que se generen riesgos individuales altos, resultantes de la ingestión combinada de esos alimentos, si bien esta situación es improbable que ocurra en el "campo lejano y tardío".

REFERENCIAS

- (1) ICRP - Recommendations of the International Commission on Radiological Protection; ICRP Publication 26; 1977.
- (2) ICRP - Protection of the Public in the Event of Major Radiation Accidents: Principles for Planning; ICRP Publication 40; 1984.
- (3) ICRP - Principles for Limiting Exposures of the Public to Natural Sources of Radiation; ICRP Publication 39; 1984.
- (4) BENINSON, D. and GONZALEZ, A. - Optimization in Relocation Decisions. IAEA-SM-285/37, Session 2, pp. 45-50; Vienna, 10-15 March, 1986.