DOCUMENTO ORIGINAL EN MAL ESTADO

CAPITULO IV

EFECTOS BIOLOGICOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

CAPITULO IV
EFECTOS BIOLOGICOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

INTRODUCCION

En este capítulo se tratarán someramente los efectos de la radiación ionizante sobre el ser humano, con el fin de contar con las bases biológicas de radioprotección.

Como ya se conoce; el efecto de ionización, produce cambios en la estructura atómica, aunque sea en forma transitoria, provocando una alteración molecular. Esta alteración puede deberse también a la excitación, esto es, que aun cuando no se produzca la ionización, de hecho habrá una excitación de los electrones de valencia y ésta puede ser mayor que la energía de enlace.

Aproximadamente un 50% de la energía depositada en el tejido por la radiación ionizante es de excitación, no obstante, la consecuencia es menos severa que la provocada por ionización.

Cuando se afectan moléculas de células vivas, sufren procesos de modificación o lesión celular. La lesión o modificación más importante se da en el ADN (ácido dexosiribonucleico -constituye el material genético primario de todos los organismos vivos).

A nivel celular, puede hacerse una clasificación de efectos biológicos, en base al daño que se produzca, teniéndose:

- **a** La misma célula repare la lesión.
- **b** Se inhibe la reproducción celular.
- **c** Modificación genética de la célula en cuanto a su morfología o función específica.
- **d** Muerte celular.

Como resumen de lo anterior, se puede observar que en el primer caso, probablemente, la lesión no es muy grande ni severa, por tanto, hay una reparación que no ocasiona secuelas. En el caso b, hay una esterilidad celular, que puede ser temporal o definitiva, dependerá esencialmente del tipo de célula dañada y de la magnitud del daño.

Cuando se estudia con detenimiento el tercer caso, se está hablando de modificaciones en su forma o en la función que realizan las células, lo cual es un sinónimo de cáncer, es decir, las radiaciones ionizantes son cancerígenas.

En el cuarto nivel, el daño celular es tan grande, que no da tiempo de que se presenten ninguno de los niveles anteriores y por ende ocurre la muerte celular de forma inmediata o en tiempos muy cortos.

EFECTOS BIOLOGICOS A NIVEL DEL ORGANISMO

Los efectos biológicos a que se puede ver sometido un individuo o un grupo poblacional, por estar en contacto con radiaciones ionizantes, suelen catalogarse de dos formas:

A Efectos somáticos y efectos hereditarios.

B Efectos probabilísticos y efectos determinísticos.

La primera clasificación se hace está basada en los efectos que se manifiestan en la persona expuesta directamente (somáticos) o en sus descendientes (hereditarios).

La segunda clasificación y más frecuentemente utilizada en radioprotección, por cuanto facilita el estudio de grupos poblacionales al permitir el uso de la estadística; está basada en el hecho de que para toda dosis de radiación no se presenta una manifestación inmediata en el individuo, a menos que las dosis sean muy altas

En esos casos se habla de efectos determinísticos, no obstante existen manifestaciones biológicas que tienen períodos de latencia muy grandes cual es caso de loa tumores en el estómago con 20 años.

Por otro lado, los mismos efectos hereditarios pueden considerarse como estocásticos (probabilísticos) ya que no necesariamente se van a dar.

Por lo tanto es más cómodo para los fines de la radioprotección, utilizar la segunda clasificación en situaciones de rutina.

a Efectos somáticos y efectos hereditarios.

El análisis de los efectos somáticos o hereditarios corresponde a situaciones de accidente donde se requiere conocer con precisión los efectos sobre uno o varios individuos considerados individualmente.

El efecto somático en un individuo, básicamente dependerá del tipo y cantidad de radiación recibida y de la zona afectada.

Pueden darse manifestaciones en órganos, sistemas o miembros específicos o bien manifestaciones en todo el organismo si la irradiación ha sido de cuerpo entero.

En cuanto a daños en órganos o sistemas específicos, se presenta un resumen de éstos, en la siguiente tabla.

TABLA N°4

IRRADIACION EN ORGANOS ESPECIFICOS			
ORGANO	**DOSIS FRACCIONADAS**	**DOSIS UNICA EQUIVALENTE (Rads)**	**EFECTOS MAS IMPORTANTES**
Ovario	1500/10 días	200 800	Esterilidad temporaria Esterilidad permanente
Testículos	1500/10 días	50 800	Esterilidad temporaria Esterilidad permanente
Médula ósea	25 - 75/día en 5-10 días	2000	Inhibición de la hematopoyesis (producción de sangre) en la zona irradiada.
Riñón	2000/[illegible]6 días	800	Nefritis, hipertensión
Estómago	2500/[illegible]días	1000	Atrofia de la mucosa
Hígado	3000/[illegible]0 días	1500	Hepatitis
Cerebro y médula espinal	5000/[illegible]0 días	2200	Necrosis, atrofia
Pulmón	4000/[illegible]0 días	2200	Fibrosis, neumonía

En situaciones de irradiación del cuerpo entero con dosis agudas, se han tenido manifestaciones como las que se presentan en la siguiente tabla.

TABLA N°5

IRRADIACION AGUDA DE CUERPO ENTERO	
DOSIS (rads)	**EFECTO ASOCIADO**
25	Ningún efecto aparente (algunas pequeñas modificaciones cromosómicas)
50	Ligeras modificaciones sanguíneas
100	Náuseas, modificaciones sanguíneas más acentuadas.
300	Algunas muertes (20%), período de recuperación con tratamiento: tres meses.
400	50% de muertes el primer mes. Manifestaciones de alteraciones en sangre muy acentuadas.
700	100% de muertes, daños en el sistema hematopoyético y sistema gastrointestinal.
2.000	Muerte en 6 días, daños irreversibles en los sistemas hematopoyéticos, gastrointestinal y nervioso central.
10 000	Muerte en 24 horas

En cuanto a los efectos hereditarios, estos se presentan cuando los órganos sexuales son irradiados con cierta dosis que es lo suficientemente alta como para dañarlos sin llegar a la esterilidad. Este daño puede ser temporal o definitivo y las mutaciones que se producen pueden ir desde pequeños retrasos mentales hasta desarrollo de mutaciones bastante complejas.

Se ha estudiado con detenimiento el fenómeno de desarrollo de efectos genéticos llegándose a la conclusión de que la relación entre dosis y efecto es lineal, partiendo de cero, es decir, que por baja que sea la dosis siempre habrá una probabilidad de desarrollo de efectos genéticos.

b Efectos probabilísticos y efectos determinísticos.

La segunda clasificación, es como se dijo, la más utilizada, para realizar resumir ésta, es suficiente con conocer que antes de 50 rads, no hay manifestaciones en el individuo detectables, es decir hay una dosis umbral por debajo de la cual no siempre hay manifestaciones, a partir de este valor las manifestaciones siempre se van a dar, para la radioprotección, estos son los efectos determinísticos, los cuales experimentalmente se ha demostrado, que cumplen con una gráfica exponencial como la que se presenta en la figura N°5.

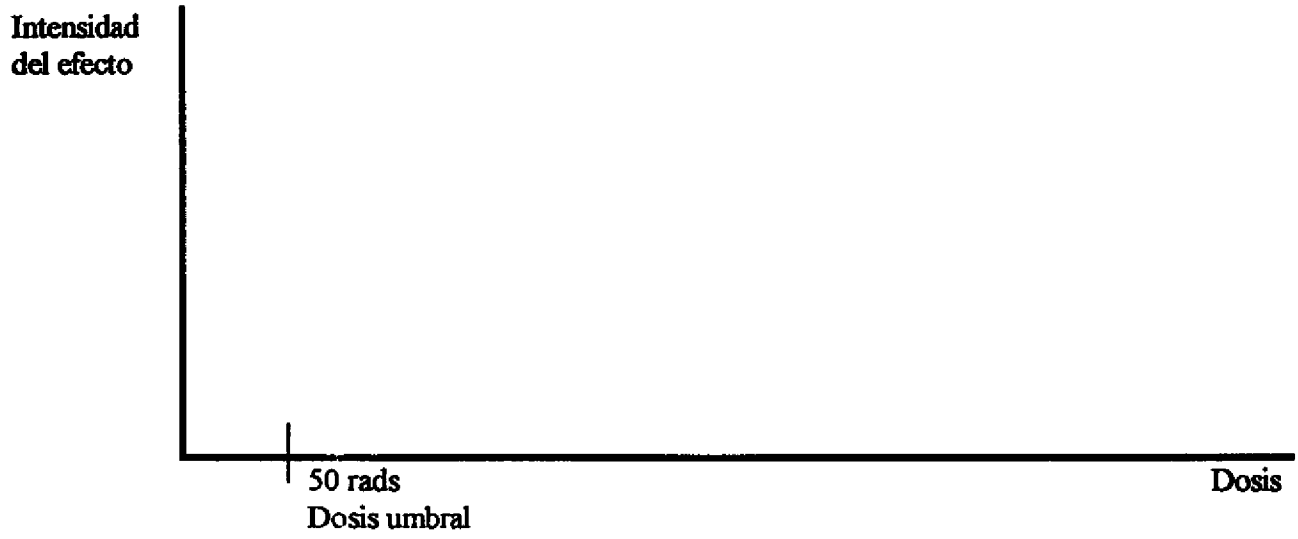


Figura N° 5 Efectos determinísticos

Los efectos estocásticos o probabilísticos, surgen por el hecho de la existencia de la dosis umbral, es decir, no puede afirmarse a ciencia cierta, de que al no haber manifestación inmediata de un efecto, no se presente en toda la vida útil de un individuo un detrimento en su salud por cantidades pequeñas de radiación, que posiblemente se reciban en forma fraccionada.

Otro aspecto de importancia es que muchas manifestaciones en el individuo por acción de agentes externos no se dan en forma inmediata, por efecto de los mismos sistemas de defensa del organismo, como son los enfisemas, cánceres, daños en el sistema nervioso, etc.

Esta situación conlleva a plantear los efectos probabilísticos y como resultado se ha analizado en la práctica que la gráfica para estos efectos debería ser similar a la de las manifestaciones genéticas, esto es, una línea recta. Por otro lado, no se conoce umbral para estos efectos por lo tanto se cree que pasa por el origen. Como conclusión de ello puede decirse que no hay dosis por baja que sea que no pueda causar un efecto biológico en un individuo.

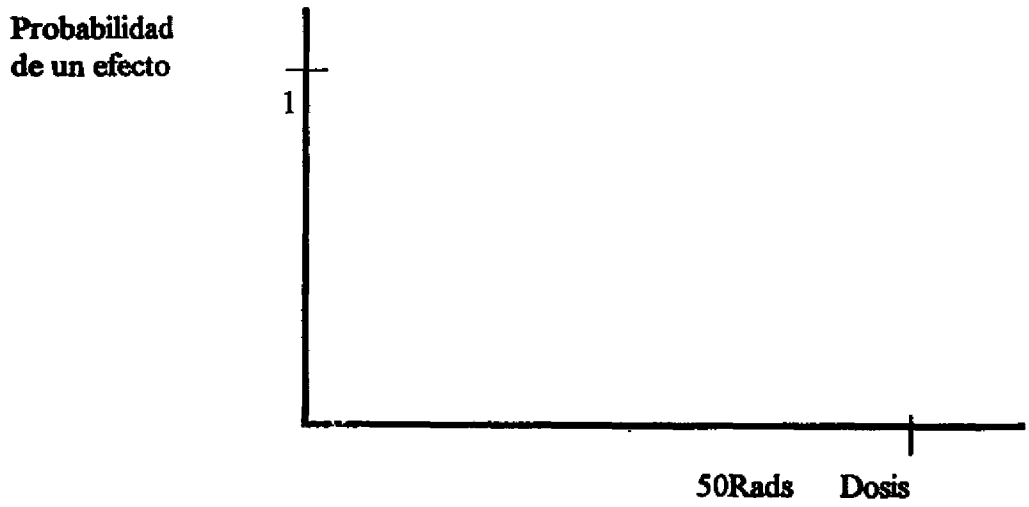


Figura N°6 Efectos Probabilísticos

CAPITULO V

PROTECCION RADIOLOGICA

CAPITULO V
PROTECCION RADIOLOGICA

Como se pudo observar en el capítulo anterior, existen justificaciones suficientes para mantener un control adecuado, efectivo y estricto sobre el uso de fuentes o equipos emisores de radiaciones ionizantes. La situación es obvia, los posibles daños a la salud de las personas pueden ser de consideración.

Bajo esta premisa, surge a nivel internacional, el Organismo Internacional de Energía Atómica (O.I.E.A.), entidad adscrita a la O.N.U. con dos proyecciones bien definidas, una promover el uso de la energía nuclear en todos los campos pacíficos y otro promover porque a nivel nacional todos los países cuenten con los sistemas necesarios para llevar un control adecuado de las fuentes y equipos que ingresan a los países, en cualquiera que sea su uso.

Por otro lado, nace la radioprotección con dos objetivos-meta muy claros y específicos:

1.- Eliminar la aparición de efectos determinísticos en la población.

2.- Limitar la aparición de efectos probabilísticos en la población.

El primer objetivo es relativamente sencillo de cumplir si se cuenta un control adecuado de fuentes y equipos, además de que se sabe que bajo condiciones normales de uso de equipos es muy difícil llegar a dosis tan altas como para producir efectos determinísticos. En esencia éstos se dan únicamente en accidentes.

El segundo objetivo es el más difícil de conseguir por el hecho de que interviene en un alto porcentaje el propio ser humano y allí es donde surgen situaciones incomodas por cuanto mucho depende del propio trabajador y de la conciencia que éste tenga.

Para lograr cumplir estos objetivos surgen dentro de la filosofía de la radioprotección tres criterios básicos: justificación, optimización y limitación de dosis.

1 Justificación:

Toda práctica con radiaciones ionizantes debe estar plenamente justificada. Al hacerse un análisis de riesgo versus beneficio éste debe dar positivo. Además debe asegurarse que no existan métodos alternativos para lograr el mismo beneficio y que involucre menos riesgo.

El principio es claro, aun en prácticas donde este justificado el uso de equipos o fuentes emisoras no siempre se justifica el realizar ciertas labores o actividades con ellas. Por ejemplo, si se tiene un equipo de rayos X para radiografiado industrial, es claro que se justifica su uso para examinar soldaduras. No obstante si se va a utilizar para determinar un espesor, probablemente no se justifique pues éste se puede medir con un escalímetro.

2 Optimización:

Toda práctica debe realizarse con los mejores equipos, entrenamiento de personal e implementos de protección personal de manera que las dosis de exposición sean lo más bajas que razonablemente se puedan alcanzar.

El principio es claro, por supuesto que deben analizarse las situaciones sociales, económicas y políticas de cada sociedad antes de establecer las condiciones de optimización.

No todos los países pueden tener los límites de optimización igual. Por ejemplo, los equipos utilizados en radiodiagnóstico de Costa Rica no pueden compararse con los de Nicaragua, por las condiciones económicas de ese país. A su vez nuestros equipos no se comparan con los alemanes. Cada país en base a su condición socioeconómica deberá saber cuanto puede gastar en este campo.

3 Limitación de dosis:

Existe una situación delicada al establecer límites de dosis, por cuanto esto conlleva a establecer los parámetros de exposición a radiaciones.

Toda actividad humana tiene un riesgo asociado de muerte o accidente, por ejemplo el trabajo más inseguro que existe es el de la minería, donde mueren anualmente cerca de 1 de cada 400 trabajadores y el más seguro es el de oficios domésticos donde existe una probabilidad de muerte de 1 en 10.000.

¿Dónde se sitúa entonces el trabajo con radiaciones? Por situaciones políticas, se sabe que un muerto por radiaciones es noticia mundial, un muerto de minería ni sale en los periódicos, por ello en esencia se situó a los trabajadores junto a los oficios domésticos y en base a ello se establecieron los siguientes limites de dosis.

LIMITES DE DOSIS OCUPACIONALES ANUALES

A Para todo el cuerpo: 20 mSv en un año o 100 mSv en 5 años pero nunca más de 50 mSv en un solo año.
B Para el cristalino: 150 mSv
C Para extremidades 500 mSv.

LIMITES PARA EL PUBLICO

A Para todo el cuerpo: 1 mSv.
B Para el cristalino: 15 mSv.
C Para extremidades 50 mSv

Los límites para el público se han establecido en base al hecho de que estas personas tienen ya un riesgo asociado por sus labores propias . Por tanto es injusto que se les sumen los riesgos por radiaciones si no están recibiendo ningún beneficio de ello.

Para poder efectivamente cumplir los tres criterios, se desarrollan tres principios básicos que nos permiten trabajar en forma segura, lo cuales se resumen de la siguiente manera:

1 Distancia:

Constituye un medio muy eficaz y representa el principio más fácil de aplicar, se conoce como "Ley de Inverso cuadrado", permite reducir la intensidad de la radiación recibida. Se basa en el hecho de que la intensidad de radiación es directamente proporcional al cuadrado de la distancia a que se encuentre el objeto o individuo de la fuente. Esto conlleva a la consigna de que si una persona está a dos metros de una fuente y se acerca a un metro la intensidad de radiación no será el doble si no cuatro veces.

Para analizarlo más fácilmente se puede denotar esta ley en forma matemática de la siguiente forma:

$$\frac{I}{i} = \frac{d^2}{D^2}$$

donde:

I : Intensidad de radiación a una distancia D
i : Intensidad de radiación a una distancia d

Con el siguiente ejemplo se podrá comprender muy bien este concepto.

Un fuente de Americio 241 emite radiación con una intensidad de 100 R a 3 metros. a) Determinar la intensidad que recibirá una persona que se sitúa a 5 metros. b) Determinar la intensidad que recibirá una persona que se sitúa a 2 metros.

a) Despejando de la ecuación tendríamos:

$$i = I * D^2 / d^2 = 100 * (3)^2 / (5)^2 = 36 \text{ R}$$

b) Despejando nuevamente se tendría:

$$I = i * d^2 / D^2 = 100 * (3)^2 / (2)^2 = 225 \text{ R}$$

2 Blindaje:

Es de suma importancia este principio, ya que no siempre es posible alejarse lo suficiente de una fuente y por ello se requiere poner un material estructural entre el material y la persona para disminuir las dosis de exposición.

Por otro lado, las mismas máquinas ya traen blindajes inherentes para proteger tanto a los operadores de rutina como a los que le dan mantenimiento a los equipos.

El cálculo de blindajes es toda una especialidad de la radioprotección, ya que deben considerarse muchos aspectos como tipo y calidad de la radiación, categorías de las personas a proteger (público o trabajadores ocupacionalmente expuestos), forma físico química del material radiactivo, grado de ocupación de las zonas a proteger, etc.

En el caso específico de los rayos X, los blindajes más eficientes son el plomo, acero y el concreto. En el caso de partículas alfas, con fines de irradiación basta con pocos centímetros de cualquier material, incluyendo la madera.

3 Tiempo:

Este último principio es lógico, en el sentido de que entre menos expuesta a radiación este una persona, menor será la dosis de radiación que se reciba.

No obstante, debe manejarse con sumo cuidado, por cuanto por hacer un trabajo muy rápido, puede quedar mal hecho, lo que conlleva a tener que repetirse o lo que es peor, dañar el equipo por no tener cuidado y producir un accidente radiológico.

En resumen el tiempo debe ser lo más bajo que se pueda pero realizando el trabajo lo más eficaz y eficientemente posible.

INSTRUMENTOS DE MEDICION

Como se sabe, el ser humano no está biológicamente capacitado para detectar las radiaciones ionizantes, por ello se requiere construir un instrumento capaz de medir tanto la presencia como los niveles de exposición a radiaciones, los objetivos que se persiguen en este caso son dos:

1 Establecer las condiciones de trabajo en situaciones de rutina.

2 Tomar las precauciones necesarias y establecer los pasos a seguir en caso de emergencias

Como se trata de radiaciones ionizantes, es lógico pensar que puede utilizarse este mismo efecto y lograr medir los iones producidos en un determinado medio, normalmente éste es una gas, no obstante existen algunos equipos que se basa en aspectos químicos o bien en principios luminiscentes.

Los detectores se dividen en dos grandes grupos: monitores de área, diseñados para medir mR/h o CPM (cuentas por minuto) de los ambientes de trabajo. El segundo grupo es de monitores de dosimetría personal, donde se persigue determinar las cantidades de radiación que reciben los trabajadores ocupacionalmente expuesto.

Los monitores de área más utilizados son los contadores geiger y las cámaras de ionización y en cuanto a dosimetría personal es el TLD.

Cámara de ionización:

Consiste en una cámara cilíndrica que contiene aire a presión y temperatura normal, un electrodo central conductor (ánodo). La cámara cilíndrica es recubierta por dentro de manera que sea conductora y actúa como cátodo. Entre ánodo y cátodo se aplica una diferencia de potencial de unos 100 voltios, al producirse una exposición de radiaciones, hay ionización del aire dentro de la cámara que produce una corriente entre el ánodo y cátodo, si ésta se mide, se logra determinar cuanta radiación está llegando al detector.

Detectores geiger müller:

La cámara cilíndrica utilizada, normalmente es metálica y sellada y no utiliza aire sino que normalmente es un gas como helio, argón, etc. El potencial entre el ánodo y cátodo debe ser mucho mayor (varios cientos de voltios).

La diferencia fundamental entre ambos detectores es que la cámara de ionización mide la energía que cede al gas la radiación que llega, el geiger solo indica el número de fotones que llegan a él, independientemente de la energía que la radiación ceda al gas. Por lo tanto si lo que se desea es medir dosis de exposición deberá utilizarse una cámara de ionización.

Entre las desventajas de las cámaras de ionización se pueden resumir en que las cámaras son afectadas por la temperatura y humedad ambiental, la electrónica asociada es mucho más cara que la del geiger y son más frágiles.

Monitores de TLD:

Un compuesto TLD (dosímetro termoluminiscente) expuesto a radiaciones ionizantes y calentado gradualmente emite luz visible cuya intensidad total o el pico (máximo valor) sirven para medir las dosis absorbidas. Los materiales más utilizados son fluoruro de litio, fluoruro de calcio y sulfato de calcio.

CAPITULO VI

SITUACIONES DE EMERGENCIA CON PRODUCTOS RADIACTIVOS

PLANIFICACIÓN Y PREPARACIÓN PARA EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS

Yamil López Forteza
Centro Nacional de Seguridad Nuclear

I. INTRODUCCIÓN

A pesar de que las instalaciones y equipos que poseen fuentes de radiación estén bien diseñados, hayan sido construidos correctamente, posean sistemas de seguridad y sean operados por personal adecuadamente entrenado, no puede excluirse con absoluta certeza la posibilidad de accidentes. Es por ello que la existencia de cierto riesgo residual para el personal ocupacionalmente expuesto, público y medio ambiente durante el empleo de las técnicas nucleares sólo se soslaya estableciendo planes y preparativos apropiados para situaciones de emergencia.

La elaboración de planes de emergencia por separado entre la Autoridad Reguladora, las organizaciones intervinientes nacionales y locales, así como los titulares de registro o licencias, mutuamente relacionados, debe ser considerada como un nivel suplementario de protección radiológica para mitigar las consecuencias no deseadas de un accidente si éste llegara a ocurrir.

Como uno de los aspectos principales de un programa de protección radiológica es estar preparado para responder a una emergencia, el objetivo de la presente conferencia es enfocar los elementos fundamentales que deben ser considerados en estos planes y en la preparación para estos casos.

II. ESQUEMA EFECTIVO DE PREPARACIÓN Y PLANIFICACIÓN DE EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS

Cabe señalar la diferencia que existe entre preparación y planificación de emergencias radiológicas. La primera comprende los aspectos vinculados al entrenamiento y a la disponibilidad de recursos e instalaciones que permitan una implementación efectiva del plan, mientras que la segunda está referida al desarrollo y preparación de planes para mitigar las consecuencias de un accidente.

La experiencia de los accidentes que han ocurrido en el mundo ha demostrado que la planificación de emergencias es esencial. Esta planificación abarca el análisis de cómo las condiciones normales cambian durante el accidente, los diferentes tipos de accidentes que se pueden esperar, su posible magnitud y consecuencias.

En relación con la planificación y la preparación de emergencias, la Autoridad Reguladora deberá velar porque: a) se preparen y se aprueben planes de emergencia para todas las prácticas o fuentes donde se prevea pueda ser necesaria una intervención, b) las entidades intervinientes participen en la elaboración de dichos planes, c) los planes se examinen y actualicen periódicamente, así como se ensayen a intervalos adecuados, d) se prepare al personal en estos planes y e) se facilite información al público suficiente y por anticipado.

Sobre la base de las consideraciones acerca de los diferentes tipos de accidentes posibles y los lugares donde puedan ocurrir, así como sus consecuencias probables, se preparan planes de emergencia locales, nacionales y al nivel de las instituciones poseedoras de las fuentes (titulares de registro o licencia). Estos planes deberán incluir los siguientes puntos, según proceda:

1. atribución de funciones en lo relacionado con la notificación del accidente y el inicio de la intervención;

2. indicación de las diversas condiciones de funcionamiento y de otro tipo de las fuentes que pudieran originar la necesidad de una intervención;
3. los niveles de intervención;
4. los procedimientos y los medios de comunicación para contactar con las organizaciones intervinientes que corresponda y para obtener los servicios de lucha contra incendios, médicos y de otra índole;
5. métodos e instrumentación a utilizar para evaluar los accidentes y sus consecuencias;
6. disposiciones relativas a la información pública;
7. criterios para poner fin a cada acción protectora.

Un esquema efectivo de preparación y planificación de emergencia debe estar basado en las actividades que se muestran en el Anexo 1[1].

Los planes de emergencia deberán ajustarse en el mayor grado posible a los medios y procedimientos existentes para hacer frente a diferentes tipos de accidentes con distintos grados de severidad, o sea, deben ser flexibles, por ello deben haber procedimientos progresivos precisos para ejecutar la respuesta prevista en el plan de emergencia de forma gradual (por ejemplo, a nivel local, regional y nacional) según requiera la gravedad del accidente y sus consecuencias.

Los planes de las instituciones titulares de registro o licencia deben contener medidas para la pronta predicción o evaluación de la magnitud y significación de todo vertido accidental de sustancias radiactivas al medio ambiente, para la evaluación rápida y continua del accidente durante su evolución y para determinar la necesidad de acciones protectoras. Los aspectos principales a contemplar en este plan son:

- identificación de las organizaciones y de las personas responsables para la toma de decisiones en caso de emergencia;
- establecimiento de procedimientos para la detección temprana de una situación de emergencia;
- establecimiento de procedimientos para alertar y notificar a las autoridades sobre el desarrollo de una situación de emergencia;
- identificación del equipamiento de monitoreo adecuado y necesario;
- determinación de los parámetros a medir para verificar si se requieren medidas protectoras y si se alcanzan los niveles de intervención;
- identificación de las necesidades de asistencia médica;
- establecimiento de un programa de capacitación y entrenamiento.

Cabe señalar que la planificación no culmina con la elaboración de un plan de emergencia sino que implica una evaluación, revisión periódica y adaptación constante del plan a los cambios que se producen en el tiempo. Tanto su mantenimiento como su implementación requieren un sustancial compromiso de recursos por lo que la selección del alcance de dichos planes conlleva importantes implicaciones prácticas.

III. RESPONSABILIDADES

La magnitud y gravedad del accidente en cuanto a sus consecuencias determinará generalmente el grado de respuesta e intervención gubernamental. Las responsabilidades y los niveles de respuesta gubernamental dependen también del régimen jurídico de cada país. No obstante, para elaborar y coordinar los planes para responder a los accidentes en los que intervengan materiales radiactivos es útil la designación de un organismo principal que actúe como organismo central coordinador.

La responsabilidad más amplia en materia de planificación nacional de las acciones de emergencia deberá recaer en la Autoridad Reguladora[2], la que tendrá que decidir quién será el responsable de la implementación de las acciones resultantes de sus decisiones.

En los casos de acciones de emergencia locales la responsabilidad recae principalmente sobre el responsable de las operaciones si puede ser identificado de antemano y sobre las autoridades locales (gobierno local, defensa civil, etc.). Es necesario que los planes de emergencia nacionales y locales estén asociados con otros planes para accidentes no relacionados con la radiación. También habría que establecer sus relaciones con los planes regionales e internacionales.

Otro aspecto a destacar son las áreas claves donde la experiencia internacional ha identificado la existencia de dificultades de responsabilidad y comunicación. En esencia estos problemas son los siguientes:

1. el reconocimiento del hecho del accidente y de la necesidad de acciones de emergencia;
2. la necesidad de una rápida adquisición e interpretación de datos;
3. los datos interpretados tienen que llevar a decisiones y acciones o a la conclusión convincente de que no se requiere ninguna acción;
4. las comunicaciones.

Como se ve, algunos de estos problemas son responsabilidad directa de los titulares de registro o licencia. El no querer reconocer que ha tenido lugar una situación de accidente, el no comunicar a tiempo, el no contar con la suficiente información relativa a las fuentes, han sido causas frecuentes de demoras en las acciones y en ocasiones de agravamiento de una determinada situación. Las demoras en una respuesta solicitada (ayuda médica, extinción de incendios, etc.) o el no adoptar a tiempo las decisiones pertinentes pueden acarrear también consecuencias perjudiciales. El establecimiento y mantenimiento del sistema de comunicaciones de la organización de emergencia es costoso y conseguir comunicación adecuada con el público es mucho más difícil, pero una buena planificación y una clara definición de responsabilidades pueden ayudar.

IV. CLASIFICACIÓN DE LOS ACCIDENTES

Existe una gran variedad de accidentes que deben ser considerados en la preparación de los planes de emergencia y resulta conveniente clasificarlos ya que dependiendo de la naturaleza del accidente, su duración y área afectada pueden ser diferentes las medidas protectoras a adoptar.

En las publicaciones del OIEA han sido empleados dos enfoques básicos para clasificar los accidentes: atendiendo a la extensión geográfica del suceso, segundo por sus consecuencias radiológicas.

De acuerdo con el primer criterio pueden ser identificados 4 niveles:

- Nivel 1: sus consecuencias se limitan a un local, laboratorio o edificio.
- Nivel 2: sus consecuencias se limitan al perímetro de la instalación.
- Nivel 3: sus consecuencias podrían ser de importancia fuera del perímetro exterior de la instalación.
- Nivel 4: sus consecuencias podrían tener un efecto transfronterizo.

Atendiendo a las consecuencias radiológicas los accidentes pueden clasificarse como sigue:

a) contaminación interna
b) exposición externa
c) con posibilidades para producir una dosis colectiva significativa.

V. VÍAS DE EXPOSICIÓN Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN

Las vías de exposición de los individuos en caso de ocurrencia de un accidente pueden ser agrupadas en dos: externas e internas. Dentro de las más importantes pueden señalarse las siguientes:

a) radiación directa desde la fuente, la instalación y desde cualquier material radiactivo liberado, incluyendo nubes de aerosoles;
b) inhalación de material radiactivo (volátiles, aerosoles, partículas);
c) radiación directa de las deposiciones en el suelo o en superficies;
d) contaminación de la piel y la ropa.

La experiencia de los accidentes ocurridos en las prácticas asociadas al empleo de radiaciones ionizantes en instalaciones radiactivas ha demostrado que la radiación directa desde la fuente es la contribución más importante a las dosis recibidas. Resulta conveniente señalar que la práctica de radiografía industrial es la que con mayor probabilidad incrementa los accidentes con consecuencias radiológicas significativas.

La aplicación de medidas protectoras tiene como objetivo restringir la exposición de los individuos y retomar el control sobre el material radiactivo, el lugar o la instalación con vistas a restaurar la normalidad. En correspondencia, se pueden identificar como medidas fundamentales las siguientes:

- delimitación del área afectada y su señalización;
- control de accesos y egresos;
- blindaje y refugio;
- evacuación;
- protección del personal;
- descontaminación de individuos;
- descontaminación de áreas;
- atención médica;
- administración de yodo estable; y
- control de alimentos y agua.

La implementación de las medidas protectoras debe ser planificada por el titular de la práctica o fuente para facilitar su introducción y alcanzar un nivel razonable de eficacia en la intervención.

La efectividad de las medidas estará en correspondencia con las fases cronológicas del accidente. Dichas fases se denominan inicial, intermedia y final [3, 4] o fase inicial y de recuperación cuando los accidentes involucran el material radiactivo utilizado en la industria, medicina, investigación o enseñanza. Las fases y las medidas recomendadas se muestran en el Anexo 2.

Es necesario distinguir entre las medidas de evacuación y reubicación. La evacuación es el traslado urgente de personas de una zona para evitar o reducir su exposición aguda y se adopta cuando se espera que las personas regresarán a la zona transcurrido un tiempo previsible. En cambio, la reubicación es el traslado de grupos de población de zonas contaminadas para evitar la exposición crónica cuando el regreso a la zona no se prevé por el momento.

VI. NIVELES DE INTERVENCIÓN E INTERVENCIÓN EN SITUACIONES DE EMERGENCIA

Las decisiones relativas a la implementación de medidas de protección deberán basarse en un equilibrio entre el detrimento que ocasionan y la reducción prevista de la exposición, o sea, en una comparación entre los riesgos evitados y las desventajas sufridas por los individuos afectados.

El principio implícito en la decisión de implantar una determinada medida protectora es que el detrimento para la salud y la vida social sufrido a causa de su aplicación debe ser inferior al de la dosis de radiación evitada.

El primer paso para decidir qué intervención se tendrá que realizar tras un accidente consiste en definir el tipo de las acciones protectoras probables y considerar los costos y a las reducciones de dosis individuales y colectivas previstas en función del alcance y duración de cada acción.

Toda medida de protección entraña riesgo, dificultades y costos y varía en naturaleza y grado según la medida de protección de que se trate. Los factores locales y específicos de los accidentes influirán en las decisiones sobre los niveles más apropiados para poner en práctica las distintas medidas de protección. En el Vol. No. 72 de la Colección Seguridad se formulan orientaciones sobre los aspectos que se resumen en el Cuadro II del Vol. No. 81 de la Colección Seguridad [5] y se expresan como gamas de dosis correspondientes a cada medida de protección.

Por razones de protección, debería ser posible definir, para cada medida protectora, un nivel inferior de dosis debajo del cual no se justifique la implantación de dicha medida y un nivel superior de dosis para el cual debería haberse producido, casi con certeza, la aplicación de la medida.

Resulta conveniente y necesario disponer de niveles de intervención que deben establecer las autoridades competentes antes que los accidentes ocurran.

Los niveles de intervención deben ser expresados en función de la dosis evitable, es decir la acción protectora debe implementarse si la dosis que puede evitarse, teniendo en cuenta la pérdida de eficacia por demoras u otras razones de orden práctico, es mayor que el nivel de intervención [6].

Los principios para la planificación de una intervención en caso de accidente han sido recomendadas en [7] y se resumen a continuación:

1. Los efectos no estocásticos graves deberían evitarse implantando contramedidas para limitar la dosis individual a niveles menores que los umbrales correspondientes a esos efectos.
2. El riesgo derivado de los efectos estocásticos debería limitarse implantando contramedidas que permitan conseguir un beneficio positivo neto para los individuos afectados. Esto puede lograrse comparando la reducción de la dosis individual y por tanto, del riesgo individual que resultaría de la implantación de una contramedida, con el incremento del riesgo individual resultante de implantar dicha contramendida.
3. La incidencia global de los efectos debería limitarse, hasta donde sea razonablemente factible, reduciendo la dosis equivalente colectiva.

Los criterios básicos recomendados por la CIPR para establecer los niveles de intervención se resumen como sigue:

- Los límites de dosis recomendados para las prácticas no se aplican para casos de intervención.
- Deben ser evitadas las dosis altas que pueden dar origen a serios efectos deterministicos.
- La intervención debe estar justificada, en el sentido de que se obtengan más beneficios que perjuicios.
- La forma, alcance y duración se deberían optimizar con el fin de maximizar el beneficio neto.

En la práctica, la dosis que debería compararse con el nivel de intervención, como criterio para aplicar una medida protectora, es la dosis proyectada que se produciría si no se implementase bien la medida. Evidentemente, la dosis realmente evitada puede ser inferior a la dosis proyectada, porque la medida protectora quizás no sea completamente eficaz y quizás se reciban dosis durante la aplicación de la misma [3]. Por ello, resulta necesario especificar previamente niveles de intervención derivados (por ejemplo, las concentraciones de radionúclidos en alimentos, agua, aire

correspondientes a los niveles de intervención) para facilitar la interpretación de los resultados de las mediciones efectuadas como parte del programa de vigilancia radiológica de emergencia (mediciones de los niveles de radiación y contaminación local; de la radiactividad en suspensión en el aire y de la contaminación del suelo en las proximidades del lugar del accidente; evaluación de las exposiciones de los individuos del público, trabajadores y personal encargado de responder a la emergencia, incluida si procede, la contaminación interna.)

En las Normas Básicas de Seguridad se han establecido niveles óptimos de intervención genéricos, tales como: para la permanencia en edificios 10 mSv de dosis evitable en un período no superior a 2 días; para la evacuación temporal 50 mSv de dosis evitable por un período no mayor a una semana; para la profilaxis con yodo 100 mGy de dosis absorbida comprometida evitable a la tiroides, causada por el yodo radiactivo.

Los niveles de actuación genéricos para la retirada y sustitución de alimentos se muestran en el Anexo 3.

Cabe señalar que los niveles más bajos de intervención recomendados por la CIPR [7] y por el OIEA [5] no son automáticamente aplicables debido a la diferente magnitud de las dosis colectivas proyectadas y el costo de las medidas de protección que se implementen.

Es responsabilidad de la Autoridad Reguladora establecer niveles de intervención más bajos, los cuales deben ser expresados como niveles de dosis apropiados para cada medida de protección.

VII. PREPARACIÓN Y ENTRENAMIENTO

El grado de eficacia con que se evalúa un accidente y se adoptan las medidas de protección y acciones correctivas necesarias de manera oportuna dependerá del nivel de preparación y capacitación del personal que tome las decisiones. La preparación para actuar en caso de emergencia debe basarse en un programa de capacitación y entrenamiento para las organizaciones involucradas y el personal de los grupos intervinientes que pueden ser llamados en respuesta a accidentes, así como en la realización de ejercicios de aplicación del plan de emergencia.

Estos programas deben proporcionar capacitación relacionada con los procedimientos de emergencia y los riesgos potenciales de los tipos de materiales radiactivos. La capacitación debe proporcionarse a dos niveles básicos: i) para el personal que llegará primero al lugar del accidente, y ii) para los expertos.

Resulta útil disponer de un programa de entrenamiento común para todas las personas involucradas en el control de las emergencias pero deben diferenciarse los temas en correspondencia con las funciones que vaya a realizar el personal, o sea el personal que tomará decisiones y los ejecutores de acciones.

Los aspectos fundamentales que debe abordar el programa de entrenamiento son los siguientes:

- Principios generales de protección radiológica
- Principales procedimientos de emergencia
- Instrumentos y equipos
- Organización y responsabilidades.

El programa debe garantizar el entrenamiento periódico para mantener actualizados los conocimientos del personal y organizaciones que participan en la respuesta a emergencias.

La realización de ejercicios servirá para poner a prueba la capacidad y competencia de la organización de respuesta. Estos deberán basarse en escenarios de accidentes ajustados a la realidad para comprobar y mantener el conocimiento de los aspectos principales del plan, la destreza del personal que interviene en su realización y la perfecta adecuación de los medios materiales que deben utilizarse.

El objetivo de los ejercicios debe ser:

- identificar las acciones equivocadas del personal y las deficiencias en el funcionamiento de equipos y procedimientos de modo que puedan ser corregidos;
- familiarizar al personal con los procedimientos de emergencia y con el uso de los equipos que probablemente se utilicen en un accidente real; y
- aumentar la confianza del personal en su capacidad para hacer frente a un accidente.

En los ejercicios se utilizarán los equipos e instrumentos especificados en los planes de emergencia.

Los entrenamientos, de alcance más limitado que los ejercicios, están concebidos para desarrollar, poner a prueba y mantener la especialización del personal. Por consiguiente, los entrenamientos pueden ser considerados como un subconjunto de los ejercicios. Muchos entrenamientos realizados al mismo tiempo, de modo coordinado, constituyen un ejercicio.

Los resultados de los entrenamientos y ejercicios deberán ser utilizados para mejorar los planes de emergencia.

La periodicidad de los ejercicios debe ser tal que no sean tan espaciados como para que los individuos hayan olvidado el ejercicio anterior, ni tan frecuentes, como para que no lo tomen seriamente. Generalmente se realizan a intervalos no mayores que 2 años ni menores que 6 meses. Una frecuencia anual resulta razonable.

REFERENCIAS

[1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Emergency Planning and Preparedness for Accidents Involving Radioactive Materials Used in Medicine, Industry Research and Teaching, Safety Series No. 91, IAEA, Vienna (1989).

[2] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, ICRP-60 Recommendation, Pergamon Press, Oxford, New York (1990).

[3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Principios para el Establecimiento de Niveles de Intervención para la Protección del Público en Caso de Accidente Nuclear o de Emergencia Radiológica, Colección Seguridad No. 72, OIEA, Viena (1986).

[4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Planificación de las Medidas de Emergencia en el Exterior del Emplazamiento en Caso de Accidente Radiológico en una Instalación Nuclear, Colección Seguridad No. 55, OIEA, Viena (1982).

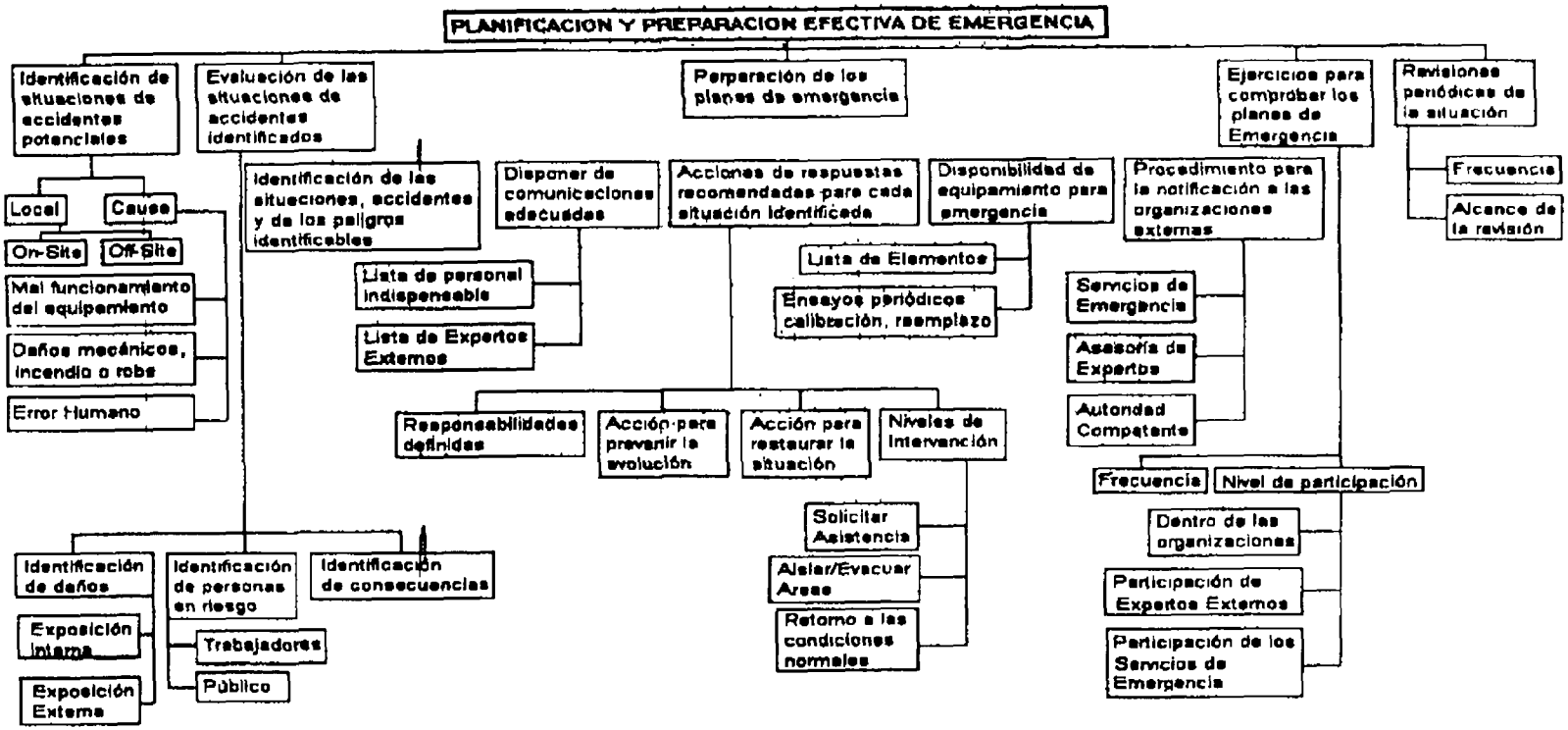
[5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Niveles de Intervención Derivados para su Aplicación al Control de las Dosis de Radiación al Público en caso de Accidente Nuclear o de Emergencia Radiológica, Principios, Procedimientos y Datos, Colección Seguridad No. 81, OIEA, Viena (1989).

[6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety, Series No. 115-I, IAEA, Vienna (1994).

[7] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Protection of the Public in the Event of Major Radiation Accidents: Principles for Planning, Publication 40, Pergamon Press, Oxford, New York (1984).

[8] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency, ICRP Publication 63, Pergamon Press, Oxford, UK (1992).
[9] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Planificación y preparación de la respuesta a emergencias debidas a accidentes de transporte en los que intervengan materiales radiactivos, Colección Seguridad No. 87, OIEA, Viena (1989).

ANEXO 1
ESQUEMA EFECTIVO DE PLANIFICACIÓN Y PREPARACIÓN PARA EMERGENCIA



ANEXO 2
VÍAS DE EXPOSICIÓN, FASES DEL ACCIDENTE Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN PARA LOS CUALES PUEDEN ESTABLECERSE NIVELES DE INTERVENCIÓN

VÍAS DE EXPOSICIÓN	FASE DEL ACCIDENTE	MEDIDA PROTECTORA
1. Radiación externa procedente de la instalación, fuente	inicial	Uso de refugio Evacuación Control de accesos
2. Radiación externa procedente del penacho	inicial	Uso del refugio Evacuación Control de accesos
3. Inhalación de actividad del penacho	inicial	Uso de refugio Administración de yodo estable Evacuación Control de accesos
4. Contaminación de la piel y las ropas	inicial / intermedia	Uso de refugio Evacuación Descontaminación de personas
5. Radiación externa procedente del depósito de la actividad en el suelo	intermedia / final	Evacuación Reubicación Descontaminación de terrenos y bienes
6. Inhalación de la actividad resuspendida	inicial / final	Reubicación Descontaminación de terrenos y bienes
7. Ingestión de alimentos y aguas contaminadas	intermedia / final	Control de alimentos y agua

Anexo 3
NIVELES DE ACTUACIÓN GENÉRICOS PARA LA RETIRADA Y SUSTITUCIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS

Radionucleidos	Alimentos destinados al consumo general (kBq/kg)	Leche, alimentos para bebés y agua potable
$^{134,137}Cs$;	1	1
$^{103,106}Ru$; ^{89}Sr		0.1
^{131}I	0.1	
^{241}Am; ^{238}, ^{239}Pu	0.01	0.001

MEDIDAS PROTECTORAS

Yamil López Forteza
Centro Nacional de Seguridad Nuclear

I. INTRODUCCIÓN

En un accidente resulta necesario aplicar medidas protectoras para limitar la exposición del público a las radiaciones. La eficacia de estas medidas dependerá de la rapidez conque se puedan implantar.

Como ya se vio en otra conferencia, las medidas de protección a que se puede recurrir para evitar o reducir la dosis de radiación pueden clasificarse en función de la vía de exposición y de la fase del accidente [1]. Algunas de estas medidas resultan aplicables a los casos de accidentes que involucren fuentes médicas e industriales. La presente conferencia hará mención especial a estas medidas.

II. MEDIDAS PROTECTORAS

Los procesos de justificación y optimización de los que se ha hablado a los largo del curso son aplicables también a cada medida protectora. Cuando se habla de medidas protectoras, la justificación se entiende como el proceso de decidir que los inconvenientes de cada acción a adoptar se compensen ampliamente por las reducciones de dosis que puedan conseguirse. La optimización consiste en decidir sobre el método, alcance y duración de dicha acción al objeto de conseguir el máximo beneficio neto. Basado en estas consideraciones, las medidas protectoras más probables de ser implementadas en un accidente que involucre fuentes médicas e industriales son:

- delimitación del área afectada y su señalización,
- control de acceso y egreso al área afectada,
- refugio y blindaje,
- evacuación,
- protección del personal,
- descontaminación de individuos,
- descontaminación de áreas,
- atención médica a los involucrados,
- administración de tabletas de yodo estable,
- control de alimentos y agua.

La implementación de las medidas de protección también debe ser planificada por el responsable de la práctica o instalación. Este trabajo tiene por finalidad facilitar de antemano la introducción de las contramedidas y alcanzar un nivel razonable de eficacia en la intervención.

1. Control de accesos y egresos

Restringir el acceso a una zona determinada es un método básico de controlar la radiación y la contaminación. Esta medida facilita el monitoreo radiológico a las áreas afectadas y el acceso de los grupos de emergencia. El control de acceso al área afectada tiene como ventajas, por una parte: el minimizar la cantidad de personas que podrían ser expuestas; evitar las interferencias en las operaciones de recuperación; limitar la exposición a aquellos individuos que son esenciales durante las operaciones de recuperación y reducir la exposición de los grupos de emergencia, lográndose con todo ello una disminución en la dosis colectiva.

Por otra parte: evita el ingreso de equipos y suministros que puedan dificultar las operaciones de los grupos de emergencia o conducir a una contaminación innecesaria; disminuye la probabilidad de dispersión de la contaminación o sea, de la transferencia de material radiactivo desde el accidente hacia las áreas limpias y permite un control adecuado de los individuos involucrados en las operaciones.

El área sometida a control de acceso y egreso varía en dependencia de la magnitud y naturaleza del accidente. Puede involucrar uno o varios locales o áreas grandes donde el público puede estar presente. Los riesgos y costos asociados a esta medida protectora son proporcionales al área donde se aplica y podrán ser despreciables si se aplica en un área pequeña pero deben ser considerados cuidadosamente en el caso de áreas públicas extensas como viviendas, caminos, etc.

2. Refugio y blindaje

Esta medida generalmente es aplicable en caso de accidentes de mayor envergadura, como los que pueden tener lugar en las centrales nucleares. Si durante un accidente cualquiera es probable que los vientos locales difundan materiales radiactivos provenientes de la instalación afectada, puede resultar necesario que las personas se refugien para disminuir la exposición por inmersión, por contaminación o por inhalación.

En este contexto el uso de refugio significa la permanencia en el interior de los edificios y en viviendas, con puertas y ventanas cerradas y los sistemas de ventilación parados. Esta medida proporciona una buena protección contra la contaminación y una reducción entre moderada y pequeña de la exposición externa debida a la radiación penetrante. Como solamente el uso de refugio reduce de forma parcial la dosis que sin él se recibiría, su aplicación se recomienda, en general, en las situaciones de bajas dosis proyectadas o cuando puedan lograrse elevados factores de blindaje. En caso contrario, se justificaría la evacuación, que es una medida protectora más efectiva, aunque por lo general resulta más difícil y perturbadora para la población.

3. Evacuación

La evacuación de los trabajadores del lugar del accidente es uno de los métodos básicos a considerar y una de las primeras medidas a adoptar en caso de accidentes. Sin embargo, la evacuación de personas que conviven en la vecindad es poco probable en casos de accidentes que involucran materiales radiactivos en la industria, medicina, investigación o la enseñanza y será necesario adoptarla en raras circunstancias.

En algunos casos, como medida de precaución, puede requerirse la evacuación temporal de un pequeño número de personas de una zona limitada mientras se espera la evaluación, por parte de los especialistas, del riesgo radiológico existente.

4. Protección del personal

Las medidas de protección del personal son esenciales para reducir al mínimo la exposición radiológica al hacer frente a accidentes en los que intervengan materiales radiactivos. Dichas medidas son:

- Reducir al mínimo el tiempo de permanencia en un campo de radiaciones.
- Permanecer a la máxima distancia posible de los materiales radiactivos.
- Utilizar blindaje, si se dispone de él.
- Utilizar un equipo de protección respiratoria para reducir la posibilidad de inhalar materiales radiactivos.
- Utilizar ropa protectora.

Con el fin de controlar las exposiciones del personal encargado de responder a una emergencia radiológica se utilizarán dispositivos de vigilancia radiológica individual, tales como dosímetros individuales.

5. Descontaminación del personal

Una gran parte de la contaminación puede ser eliminada despojando a las personas contaminadas de su ropa exterior y del calzado. Seguidamente se procederá al lavado de manos, rostro y posiblemente el cabello; el duchado resulta útil cuando la contaminación no está localizada, está dispersada por todo el cuerpo o se adopta como medida profiláctica. La descontaminación de las personas se deberá realizar procurando no dispersarla a otras partes del cuerpo, especialmente aquellas como los ojos, donde la contaminación puede ser difícil de eliminar.

Es aconsejable que las personas contaminadas se descontaminen inicialmente en el lugar del accidente. Posteriormente, se someterán a vigilancia radiológica completa y, en caso necesario, se descontaminarán en una instalación adecuada. Debería proporcionárseles ropa limpia, si es posible, y acopiar las ropas contaminadas para su lavado o evacuación. Para limitar la difusión de la contaminación mientras se transporten las personas contaminadas que requieran otro tipo de asistencia, es necesario envolverlas con mantas u otro tipo de materiales de los que se disponga.

6. Descontaminación de áreas

Cuando la causa del accidente esté bajo control y haya finalizado la fase inicial, es que se comenzará a realizar la descontaminación de áreas. Para realizar esta tarea deberá disponerse de tiempo suficiente para planificar cuidadosamente el método de descontaminación a emplear previendo evitar exposiciones innecesarias, así como la dispersión de la contaminación.

Cuando el contaminante es de vida media corta, podría resultar útil esperar a su decaimiento en lugar de descontaminar.

En las instalaciones y zonas con acceso del público, es función de la Autoridad Reguladora el establecer niveles de contaminación aceptables para las áreas controladas y no controladas.

Los procedimientos de descontaminación a emplear van a depender, entre otros, de los factores siguientes:

- la dimensión del área contaminada;
- los niveles de contaminación;
- la naturaleza de la superficie contaminada;
- los radionúclidos involucrados que son aceptables después de la descontaminación; y
- el uso que tendrá el área contaminada.

Pueden ser empleados varios métodos de descontaminación y vuelta a la normalidad tales como:

- Lavado y limpieza por aspiración (empleo de una aspiradora con un filtro) de objetos y superficies. En esta tarea el agua debe ser recogida.
- "Fijación" de contaminantes utilizando pintura, plásticos que aplicados en estado líquido pasan a estado sólido y pueden arrancarse.
- Lavado y limpieza de superficies duras y equipos con agua y detergentes apropiados u otros productos químicos, recogiendo los líquidos.
- Eliminación de capas superficiales contaminadas y del terreno y su evacuación en un lugar adecuado de almacenamiento.

Las autoridades deben prestar atención a la masa y el volumen de los desechos generados durante la descontaminación. Estos deben ser segregados según las categorías establecidas.

7. Control de alimentos y el agua

Es poco probable que debido a la contaminación o liberación causada por un accidente radiológico en la industria, medicina, investigación y enseñanza, haya que aplicar medidas de protección importantes que supongan el control de la distribución de productos agrícolas o agua potable. Por tanto este punto sólo se considera en casos excepcionales.

8. Atención médica a los involucrados

Un accidente puede conducir a lesiones de personas que requieran asistencia médica, la cual estará diferenciada en correspondencia con el tipo de lesión.

A pesar de que no es práctico requerir disposiciones previas para la asistencia médica como una condición de licencia en el uso de fuentes de radiación, los usuarios deberán conocer cómo disponer de la asistencia médica apropiada (primaria y específica) en caso que resulte necesario, la cual debería ser reflejada en los respectivos planes de emergencia radiológica.

La asistencia médica especializada debe disponer de un centro apropiado que posea personal médico con experiencia en el tratamiento de los efectos agudos de la exposición a la radiación. La información sobre la disponibilidad de asistencia médica siempre podrá ser obtenida a través de la autoridad competente.

En la atención al personal afectado por radiaciones resulta importante identificar por el personal médico, el tipo, origen, severidad y urgencia de los casos. Una clasificación simple puede ser:

1. Individuos con señales de exposición a la radiación y otras lesiones o quemaduras.

2. Individuos con lesiones combinadas o quemaduras sin señales de exposición a la radiación.

3. Individuos con potenciales sistemas de irradiación.

4. Individuos que se supone están libres de lesiones o exposición a la radiación (dosis por debajo del umbral para efectos no estocásticos).

5. Individuos que se supone hayan recibido dosis en exceso a los límites, pero por debajo del umbral de efectos no estocásticos.

En los casos de lesiones o quemaduras limitadas que no necesitan tratamiento médico urgente, se puede tomar tiempo para descontaminar exteriormente a los individuos en los casos que se requiera. Los grupos 1 y 2 deben tener con urgencia asistencia médica en hospitales especializados.

El grupo 3, requerirá una evaluación urgente de los niveles de dosis y el personal médico deberá tener conocimiento y equipamiento suficiente para realizar los primeros exámenes biológicos y médicos que sean necesarios.

Independientemente del tipo de exposición, estos pacientes necesitan atención específica, y deberán ser atendidos en un hospital especializado donde el tratamiento sea adaptado a la naturaleza del accidente, a los niveles de dosis y su distribución.

En el caso que la población haya sido expuesta, deben ser identificados todos los individuos que probablemente hayan sufrido irradiación. Realizar este proceso por medio de los síntomas de

irradiación resulta difícil debido al largo período de latencia. Es más conveniente identificar a la población potencialmente expuesta sobre la base del lugar donde se encontraba en el momento del accidente.

El grupo 4 requerirá de un seguimiento médico ambulatorio para asegurar que la primera evaluación fue correcta y evaluar las dosis de modo más preciso.

El grupo 5 se envía a su casa y la dosis de cada individuo se registrará y reajustará en caso necesario.

9. Administración de yodo estable

La administración de yodo estable es la única medida de intervención aplicable como protección contra la irradiación interna para bloquear la absorción del yodo radiactivo por la tiroides. Esta medida puede resultar eficaz en casos tanto de inhalación como de ingestión de yodo radiactivo, pero en la práctica se considera esencial como una protección contra la inhalación.

Su utilización es rara en accidentes con materiales radiactivos vinculados a la industria, medicina, investigación y enseñanza. Solo es probable que se considere cuando ha ocurrido una incorporación en una cantidad significativa.

REFERENCIAS

[1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Principios para el establecimiento de niveles de intervención para la protección del público en caso de accidente nuclear o de emergencia radiológica. Colección Seguridad No. 72, Viena (1986).

[2] INTERNACIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Emergency Planning and Preparedness for Accidents Involving Radioactive Materials Used in Medicine, Industry, Research and Teaching. Safety Series No. 91, Vienna (1989).

[3] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECCIÓN, ICRP-60 Recommendations (1990).

[4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. Safety Series No. 115-I, Vienna (1994).

[5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATÓMICA, Planificación y preparación de la respuesta a emergencias debidas a accidentes de transporte en las que intervengan materiales radiactivos. Colección Seguridad No. 87. Viena (1989).

[6] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Colección de Cursos de Capacitación No. 1. Transporte Seguro de Materiales Radiactivos. Segunda edición, Viena (1994).