

Protección nuclear

ARMANDO MERINO GONZÁLEZ

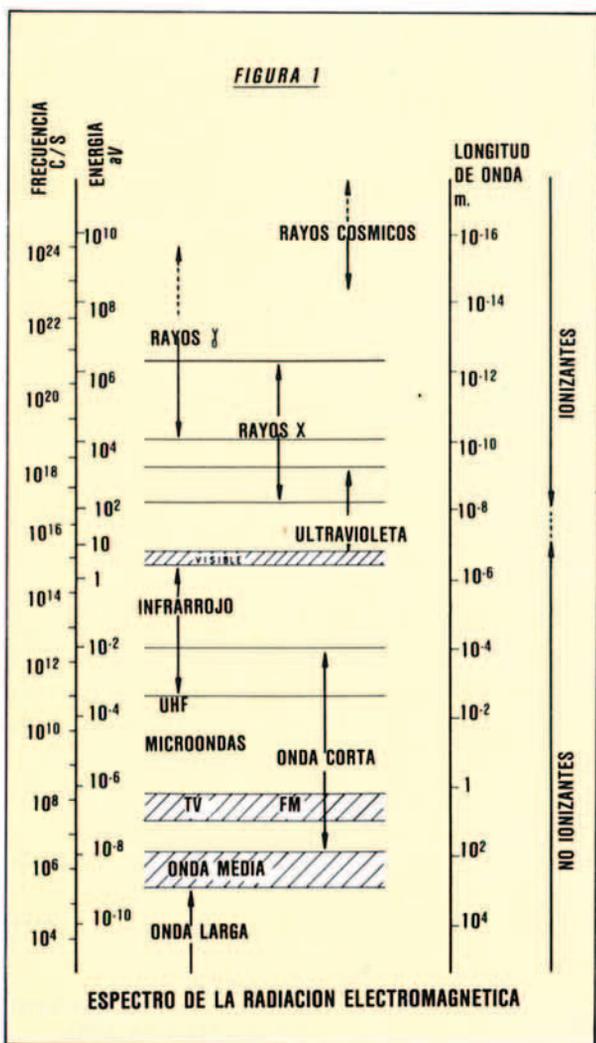
Teniente Coronel Farmacéutico,

Diplomado en Técnicas de Aplicación de Radiactividad,

Diplomado en Protección Radiológica

INTRODUCCION

AUNQUE el hombre desde su aparición sobre el planeta, ha estado expuesto a la radiación y estudiado algunas de sus propiedades, como es el caso de la radiación visible, no tomó conciencia de su capacidad de producirla hasta noviembre de 1895, con las noticias aparecidas en la prensa sobre "un sensacional descubrimiento científico". Un físico alemán, Röntgen comunicó que en sus investigaciones había observado la existencia de una nueva radiación que tenía la propiedad de penetrar la madera, el cuerpo humano y otros objetos opacos; a ésta radiación la denominó rayos X. En tan sólo 50 años, desde ese entonces hasta las explosiones de las primeras bombas atómicas en 1945, se suceden vertiginosamente los descu-



CUADRO 1

PARTICULAS ALFA (α)

Emitidas principalmente por radionucleidos de n° atómico elevado.
 Origen: Núcleo de átomos radiactivos.
 Constituidas por 2 neutrones y 2 protones (2 cargas eléctricas positivas), masa elevada.
 Ionización elevada directa.
 Recorrido muy corto (cms). Escasa penetración.
 Detenidas por una hoja de papel o la piel del cuerpo humano.
 Riesgo potencial para la salud: Absorción por el organismo.

PARTICULAS BETA (β)

Son electrones energéticos; masa pequeña, 1 carga eléctrica negativa.
 Origen: Núcleo de átomos radiactivos.
 Ionización moderada directa.
 Recorrido corto (metros). Penetración moderada.
 Frenadas por algunos metros de aire o por láminas de aluminio de poco espesor.
 Pueden atravesar la piel, pero no sobrepasan el tejido cutáneo.

RAYOS X Y RADIACION GAMMA (γ)

Naturaleza electromagnética. Constituidos por fotones (sin carga eléctrica, ni masa). (Figura 1).
 Origen: X: Saltos de los electrones entre diferentes niveles energéticos (extranuclear). γ : Espontáneo en el núcleo de los átomos radiactivos.
 Ionización indirecta.
 Largo recorrido. Profunda penetración ($\gamma > X$).
 Atenuada por espesores de varios cms., de hormigón o unos pocos de plomo.
 Atraviesan el cuerpo humano.

NEUTRONES (n)

Proceden de fisión nuclear o reacciones nucleares con otras partículas.
 Origen: Núcleo de átomos radiactivos.
 Masa ligeramente superior a la del protón; sin carga eléctrica.
 Ionización indirecta.
 Largo recorrido. Profunda penetración.
 Atenuados por espesores considerables de materia densa.
 Atraviesan el cuerpo humano.
 (Figura 2).

brimientos en que se fundamenta la Física Nuclear "(radiactividad, electrones, partículas alfa (α) y beta (β), rayos gamma (γ), neutrones, fisión nuclear, reactores nucleares)".

Estos descubrimientos y su larga serie de aplicaciones para la guerra y la paz no solamente han introducido a la humanidad en una era nueva sino que, desde el punto de vista de la protección, han producido una gran variedad de fuentes de radiación con materiales en los que se ha inducido la radiactividad y de aparatos generadores de radiaciones, lo que ha hecho evolucionar el concepto y la finalidad de la Protección Nuclear hacia el de Protección Radiológica (P.R.).

La P.R. tiene como finalidad la protección de los individuos, sus descendientes y la humanidad en su conjunto contra los riesgos que se derivan de las actividades humanas que, por las características de los materiales y equipos que utilizan, pueden implicar irradiaciones.

El término radiación tiene un sentido muy amplio y aunque abarca emisiones como la luz y las ondas de radio, se suele emplear por lo general para designar la radiación ionizante (R.I.), es decir, la que puede producir partículas cargadas (iones) cuando inciden en una sustancia. Este fenómeno se produce tanto en la materia inanimada como en la materia viva, por lo que las R.I. pueden constituir un riesgo para la salud humana.

Hay varios tipos de R.I.: partículas α y partículas β , rayos X, radiación γ y neutrones; cada una de ellas posee características diferentes (Cuadro 1), y todas ejercen sobre la célula una acción que puede ser directa sobre una macromolécula (por ej. el DNA) o indirecta a través del medio en el cual están suspendidas las moléculas, fundamentalmente el agua, dando lugar a la formación de iones y de radicales libres.

EFFECTOS BIOLÓGICOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES (R.I.)

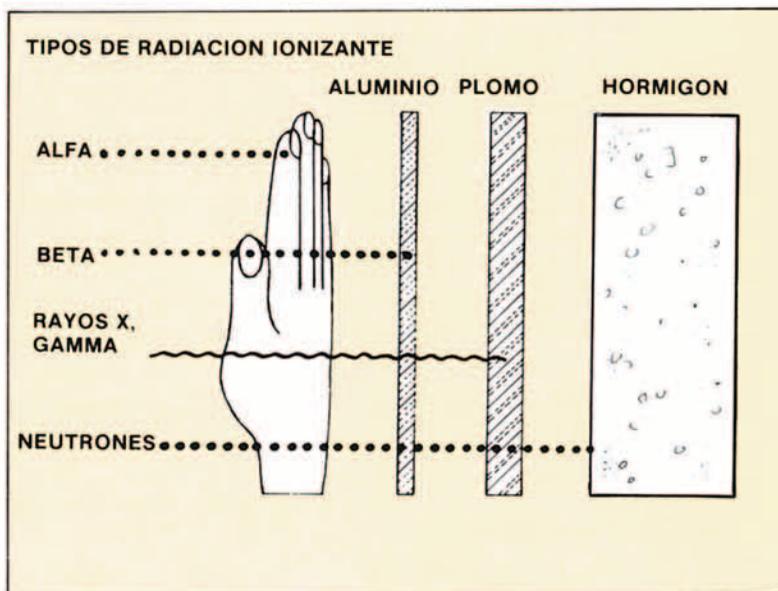
LA respuesta de un organismo adulto a una exposición a la R.I. se manifiesta en forma de *efectos biológicos* cuya importancia dependerá no sólo de la dosis total absorbida, sino también de las condiciones en que ha sido recibida, del órgano afectado y del tiempo de exposición.

En el Cuadro 2, se exponen datos relativos a la exposición de personas a dosis agudas de R.I. que se ha ido acumulando a partir de las siguientes procedencias:

- Accidentes en industrias nucleares y laboratorios de radioquímica.
- Exposiciones con fines médicos que utilizan la irradiación de todo o casi todo el cuerpo para terapia del cáncer u otras razones.
- Accidentes en zonas de pruebas de explosiones nucleares con fines pacíficos en los que se ha producido exposición a la lluvia radiactiva.
- Exposición de personas a las R.I. en Hiroshima y Nagasaki.

De interés semejante a los efectos de la R.I. a corto y medio plazo son los observados años después en los individuos que sobreviven a dosis agudas. Como estos efectos son insidiosos y se manifiestan después de largos periodos de tiempo, se denominan "*tardíos o diferidos*". Estos efectos pueden permanecer latentes durante muchos años, y en realidad, puede que no se observen en el individuo irradiado sino en las generaciones sucesivas. Un hecho que tiene especial interés e importancia es que los efectos tardíos pueden ser inducidos por dosis bajas, y aún por dosis crónicas de R.I. (es decir, dosis bajas administradas durante un periodo largo de tiempo), como las recibidas por los pacientes en el radiodiagnóstico y en medicina nuclear o por personas profesionalmente expuestas.

Tales efectos tardíos pueden ser "somáticos" que afectan al estado de salud y bienestar del individuo: náuseas, alopecias, esterilidad y radiodermatitis (cuya gravedad depende de la dosis) y carcinogénesis (cuya gravedad no depende de la dosis), y "genéticos", relacionados con muta-



ciones cromosómicas en las células germinales. Sus consecuencias se pueden manifestar en la 1.^a generación de la descendencia, y puede que no se observen hasta la 2.^a ó 3.^a o incluso posteriores generaciones. Su gravedad no depende de la dosis.

MEDIDAS DE PROTECCION

T IENEN como finalidad reducir las exposiciones a valores tan bajos como razonablemente pueda conseguirse.

El estudio de los efectos biológicos de la radiación ha conducido a fijar unos límites anuales de dosis para los seres humanos. Se estima que no existe riesgo apreciable para los individuos que reciban dosis de radiación inferiores a dichos valores. Por consiguiente, será necesario adoptar las precauciones oportunas para que, ni los trabajadores que deban hacer uso en su profesión de las R.I., ni los miembros del público, reciban dosis superiores a dichos valores considerados como razonablemente seguros. (Cuadro 3).

CUADRO 2

EFFECTOS INMEDIATOS

A. IRRADIACION DE TODO EL CUERPO (Enfermedades de las radiaciones)

A.1. Dosis de 1 Gy (100 rad) o menos:

No suelen aparecer síntomas clínicos.

A veces, náuseas.

No siempre modificaciones de la fórmula sanguínea:

Dosis de 0,1 Gy: Disminución del número de linfocitos.

Dosis de 0,5 Gy: Disminución del número de neutrófilos.

Dosis > 0,5 Gy < 1 Gy: Disminución del número de plaquetas y hematies.

No terapéutica, ni hospitalización.

Sí vigilancia médica hasta confirmar dosis recibida.

Reversibilidad del síndrome clínico prácticamente segura.

A.2. Dosis alrededor de 2 Gy (200 rad):

Suele haber náuseas y vómitos precoces (2-4 horas).

Modificaciones sanguíneas más patentes.

Paciente debe hospitalizarse.

Síndrome de gravedad intermedia.

Supervivencia probable.

A.3. Dosis de 2 a 6 Gy (200-600 rad):

Síntomas clínicos siempre graves y precoces.

Disminución del número de células sanguíneas.

Evacuación a Centro Especializado.

Síndrome Hematopoyético o de la Médula Osea.

Supervivencia posible; algunas personas no sobreviven.

Tiempo de recuperación de 3 semanas a 6 meses (según dosis).

A.4. Dosis de 6 a 20 Gy (600-2.000 rad):

Síndrome Gastrointestinal (GI).

Vómitos persistentes y diarreas hemorrágicas.

Supervivencia virtualmente imposible.

Muerte al cabo de 1 ó 2 semanas.

A.5. Dosis > 20 Gy (2.000 rad):

Síndrome del Sistema Nervioso Central (SNC).

Edema, Meningitis.

Supervivencia imposible.

Desenlace mortal inevitable antes de 3 días.

Este es el efecto que se desea conseguir con la bomba de neutrones.

B. IRRADIACION DE UNA PARTE DEL CUERPO:

Son particularmente radiosensibles:

B.1. Sistema reproductor:

Esterilidad temporal (dosis de 2,5 Gy).

Esterilidad permanente (dosis de 6 Gy).

B.2. Ojos:

Opacidad del cristalino, con riesgo de cataratas a partir de 2 Gy.

B.3. Huesos y cartilagos en crecimiento:

Dosis moderadas (1-10 Gy): Inhibición temporal de la mitosis y muerte de las células inmaduras; la recuperación sólo produce lesiones residuales mínimas y tardías.

Dosis altas (> 10 Gy): Inhibición permanente de la mitosis y destrucción de las células inmaduras, lo que conduce a la detención de la formación de huesos.

B.4. Pulmones:

Dosis moderadas (1-10 Gy): Inflamación conocida como "neumonitis de la radiación" (semejante a la neumonía); se trata de una respuesta transitoria, produciéndose la recuperación con dosis mínimas.

Dosis altas (> 10 Gy): Reacción progresiva que puede pasar desde una neumonitis inicial a una fibrosis retardada, situación que puede llegar a producir la muerte.

C. IRRADIACION SUPERFICIAL:

La piel es particularmente vulnerable a la R.I.; los cambios iniciales que se observan en la piel con dosis moderadas (2-10 Gy) o altas (> 10 Gy) son inflamación, eritema (enrojecimiento de la piel) y descamación seca o húmeda (desnudamiento de la superficie de la piel). Las dosis moderadas permiten la curación de la epidermis, por regeneración, con lo que apenas aparecen cambios tardíos. Con dosis altas se pueden observar lesiones tardías como atrofia (adelgazamiento de la epidermis), fibrosis, pigmentación más débil o más intensa, ulceración, necrosis y cáncer.

D. CONTAMINACION RADIOACTIVA EXTERNA:

Se llama así al depósito de sustancias radiactivas (principalmente betaemisoras) en la piel, dando origen a las llamadas quemaduras beta, caracterizada por eritema, edema, formación de ampollas y ulceración.

E. CONTAMINACION RADIOACTIVA INTERNA:

Se llama así a la presencia indeseable de sustancias radiactivas en el interior del organismo. Tal contaminación puede ser por inhalación de partículas radiactivas suspendidas en el aire, por ingestión de alimentos sólidos y líquidos contaminados con radionucleidos (Iodo-131, Cesio-137, Estroncio-90) y a través de heridas cutáneas.

A efectos de P.R.: 1 Gray (Gy) (100 rad) = 1 Sievert (Sv) (100 rem).

CUADRO 3
LIMITES ANUALES DE DOSIS

Tejido u órgano	Personal	Dosis	Límite recomendado
Todos excepto cristalino	Profesionalmente expuesto	Equivalente	0.5 Sv (50 rem)
Cristalino	Profesionalmente expuesto	Equivalente	0.15 Sv (15 rem)
Totalidad organismo uniformemente o a determinados órganos o tejidos	Profesionalmente expuesto	Equivalente efectiva	50 mSv (5 rem)
Totalidad organismo uniformemente o a determinados órganos o tejidos	Individuos del público	Equivalente efectiva	5 mSv (0.5 rem)
Cualquiera incluidos piel y cristalino	Individuos del público	Equivalente	50 mSv (5 rem)

La dosis de radiación recibida por un individuo al permanecer en las proximidades de una fuente radiactiva determinada depende de tres factores fundamentales:

- La distancia entre la fuente y el individuo.
- El tiempo de permanencia.
- La materia interpuesta entre una y otro (blindaje).

La radiación gamma y los rayos X de una fuente radiactiva se propagan en el aire, siguiendo la conocida ley de proporcionalidad del inverso al cuadrado de la distancia. Según ella, al alejarse de la fuente, la intensidad de radiación disminuye en la misma proporción en que aumenta el cuadrado de la distancia. Y análogamente, al acercarse a la fuente, la intensidad de radiación aumenta en la misma proporción en que disminuye el cuadrado de dicha distancia.

Fácilmente se comprende, por tanto, que en muchos casos bastará alejarse suficientemente de una fuente radiactiva, o de un generador de rayos X, para que el nivel de radiación disminuya a valores tolerables que permitan estancias más o menos prolongadas para la realización, en condiciones aceptables, de los trabajos u operaciones necesarias.

En el caso particular de las radiaciones alfa y beta, tienen un alcance más limitado en el aire, dependiendo éste de la energía inicial que posean. Ninguna partícula se propaga más allá de dicho límite. (Cuadro 1). Otro factor a tener en cuenta es el tiempo durante el que una persona va a ser sometida a un cierto nivel de radiación. Lógicamente, cuanto menor sea el tiempo em-

CUADRO 4

DOSIMETRIA PERSONAL

La vigilancia radiológica individual se lleva a cabo mediante ligeros dispositivos que se prenden en la ropa de trabajo y que proporcionan, a posteriori, la dosis de radiación absorbida durante el tiempo de exposición, que puede ser de horas, días o semanas. Tales dispositivos llamados dosímetros personales, pueden ser de tres tipos:

1. DOSIMETROS DE IONIZACION

Cámara de ionización, de bolsillo.
Apariencia externa de pluma estilográfica.
Lectura inmediata en el sistema cargador-lectura.
Grave inconveniente: Se descargan con frecuencia por golpes o variaciones de las condiciones ambientales.

2. DOSIMETROS DE PELICULA FOTOGRAFICA

Ennegrecimiento de la placa por la R.I.
Revelado posterior.

Inconvenientes: Disminución, con el tiempo, de la intensidad de la imagen latente. No son de material equivalente a tejido biológico.

3. DOSIMETROS DE TERMOLUMINISCENCIA

Constituidos por cristales de fluoruro de litio (Li F), con imperfecciones estructurales llamadas "pozos" o "trampas", capaces de retener a temperatura ambiente a los electrones producidos por las R.I. Al calentar dichos cristales por debajo de su temperatura de incandescencia, sueltan los electrones atrapados en forma de luz, que se registra con ayuda de un fotomultiplicador, en proporción directa a la dosis absorbida. Una vez efectuada la lectura y tras un ligero sobrecalentamiento, el efecto de la irradiación anterior queda borrado y el dosímetro puede ser utilizado de nuevo.

Ventajas:

Buena respuesta en energías.
Fluoruro de litio casi equivalente a tejido biológico.
Respuesta lineal para dosis entre 0.1 mSv y 10 Sv.
Mejor reproducibilidad. Mayor precisión.
Pueden ser borrados y usados repetidamente.

pleado en la operación, menor será la dosis recibida. Por ello, es muy importante que las personas que hayan de operar en presencia de R.I., estén bien adiestradas y conozcan debidamente las operaciones que van a efectuar en ambiente de radiación, con objeto de invertir en ellas el menor tiempo posible.

En muchos casos, una adecuada combinación de los dos factores considerados (distancia y tiempo), bastará para proporcionar una protección adecuada.

Sin embargo, en la práctica se presentan circunstancias en las que estos dos factores, por sí solos, no bastan. En tales casos es preciso interponer entre la fuente de radiación y el operador un blindaje, constituido por un espesor suficiente de algún material absorbente de la radiación. Toda radiación, al atravesar la materia, sufre una disminución o atenuación de su intensidad. Según sea el tipo y la energía de la radiación y la atenuación a conseguir, habrá que utilizar distintos tipos y espesores de blindajes. (Figura 2).

Teniendo siempre presente estos tres parámetros fundamentales, se puede conseguir la adecuada protección a la radiación externa controlando la exposición mediante la dosimetría personal (Cuadro 4) y la dosimetría de áreas (Cuadro 5). Más problemático resulta conseguir una protección eficaz contra la precipitación radiactiva, origen y causa de las contaminaciones.

La **Protección Individual** incluye equipos que, utilizados por personal entrenado, tienen la finalidad de prevenir la contaminación radiactiva interna y externa.

Para evitar la contaminación interna se usan equipos que cubren la boca y fosas nasales, impiden la entrada en el organismo, por dichas vías, de gases, vapores o aerosoles perjudiciales. Esto se consigue, bien con dispositivos purificadores de aire, cuyo prototipo es la careta completa provista de filtro de alta eficacia para partículas y dotada de diafragma transmisor de voz y válvula de expulsión del aire exhalado, como la Máscara de Protección NBQ M 3-77, o bien con dispositivos suministradores de aire, que ofrecen protección para cualquier clase, estado físico y concentración del contaminante.

Dentro de éstos últimos se utilizan equipos para suministro de aire a través de una manguera o tubo, que tiene vida indefinida y requieren poco mantenimiento; su principal inconveniente es que necesitan un suministro de aire que debe situarse a cierta distancia del lugar de operación y equipos de respiración autónoma, que pueden ser trans-

CUADRO 5

EQUIPO TIPO PARA TRATAR CONTAMINACIONES RADIATIVAS

- Para el yodo: Yoduro o yodato potásico.
- Para tierras raras, el plutonio y los transplutónidos: DTPA en ampollas autoinyectables y solución al 1% para descontaminar la piel y heridas.
- Para el cesio: Azul de Prusia coloidal.
- Para el estroncio: Alginato de calcio (casos de ingestión); rhodizonato de potasio (casos de herida); sulfato de magnesio (aceleración del tránsito intestinal).
- Para el uranio: Solución bicarbonatada.
- Para productos de fisión: DTPA en solución clorhídrica al 1%.
- Indicaciones por escrito para su utilización correcta.

portados por el usuario a cualquier lugar; sus inconvenientes: duración limitada del aire u oxígeno comprimido, su peso y tamaño, su coste inicial y el mantenimiento y entrenamiento requeridos.

Para prevenir la contaminación externa, además del mono de algodón, deben emplearse monos fabricados con telas impermeables. Los materiales más generalmente usados con este fin son el cloruro de polivinilo y el poliuretano, de diferentes espesores y, en algunos grados, resistentes al fuego. Estos trajes protectores cubren por entero a la persona, con excepción de la cabeza y cuello, las manos y los pies; para la protección de la cabeza pueden utilizarse capuchas de material análogo que permitan adaptar caretas o equipos con suministro de aire, autónomos o no. La protección de las manos y el cierre de las mangas se realiza con guantes de goma de manopla; la protección de los pies, con botas de goma recubiertas exteriormente por el pantalón.

Es importante que en el diseño de estos equipos se considere la necesidad de que el usuario pueda desprenderse fácilmente de ellos sin contaminarse. Normalmente, deberá entrenarse al personal sobre el modo de hacer esta operación, para eliminar o reducir al mínimo la posibilidad de contaminación.

En cualquier caso, es conveniente realizar una profilaxis radiológica, mediante la ingestión de compuestos químicos estables que tienen un efecto reductor sobre la absorción selectiva de ciertos radionucleidos por determinados órganos críticos.

En el caso de contaminación interna hay que tener en cuenta que:

- El tratamiento debe instaurarse ante la simple presunción de una contaminación interna, en el mismo lugar del accidente.
- Es fundamental actuar a nivel de la vía de entrada, cuando se trata de radionucleidos para los que no se dispone de ningún medio de acción una vez que son absorbidos.
- El depósito en el órgano crítico comienza cuando el elemento pasa a la sangre.

— Lo primero es salvar la vida y las funciones motrices del accidentado, por lo que el diagnóstico principal debe ser clínico antes que radiológico.

— Es necesario hacer una evaluación lo más exacta posible de la contaminación y para ello tomar muestra biológicas (moco nasal, sangre, orina, heces) y exámenes en el contador de radiactividad corporal total, si es posible.

Para poder asistir con urgencia y ordenadamente al contaminado es conveniente disponer, en el lugar de operación, de un botiquín especialmente dotado para el caso; debe contener lo suficiente para tratar con urgencia y dosis única, contaminaciones por yodo, tierras raras, itrio, plutonio, transplutónidos, cesio, estroncio o una mezcla de productos de fisión. (Cuadro 5).

Cuando la contaminación se limita a la superficie de la piel (contaminación externa) en gran extensión, se practicará una ducha con agua templada, que debe recogerse y controlarse antes de su eliminación. Se utilizará jabón, de preferencia ácido. El lavado se hará de arriba a abajo. Después de secado, nuevo control con detectores adecuados. (Cuadro 6). Si queda contaminación residual, emplear compuestos más especializados, como los reseñados en el Cuadro 5.

CUADRO 6

DETECCION Y MEDIDA DE LA R.I.

Tiene sus fundamentos en evaluar los procesos físico-químicos que provocan las R.I. al interaccionar con la materia. Esta interacción supone una cesión de energía que hay que cuantificar: esta energía cedida excitará átomos o moléculas del medio atravesado por la radiación y en la desexcitación habrá emisión fotónica, electrónica o ionización.

1. POR EMISION FOTONICA: Detectores de centelleo:	}	Medida de tasa de exposición y tasa de dosis. Elevado rendimiento: Tasas de dosis bajas. Elevado poder discriminador: Campos mixtos de R.I. Medida de contaminación por emisores alfa y beta.
2. POR EMISION ELECTRONICA: Detectores de semiconductores:	}	Medida directa de la contaminación alfa y beta. Gran eficiencia de la detección. No útiles como equipos portátiles.
3. POR PRODUCCION DE IONES:	}	Contadores proporcionales: Detectores de contaminación por emisores alfa.
	}	Contadores Geiger Müller: <ul style="list-style-type: none"> Medida de tasa de exposición y tasa de dosis. Buenos para Beta. Menos buenos para Alfa. Útiles como instrumentos portátiles.
	}	Cámaras de Ionización: <ul style="list-style-type: none"> Medida de tasa de exposición y tasa de dosis. Útiles en condiciones atmosféricas variables. Útiles como instrumentos portátiles.
4. DE NEUTRONES:		
Cámaras de ionización.		
Contadores proporcionales.	+ Trifluoruro de boro (BF ₃)	

La **Protección Colectiva** consiste en poner en práctica un conjunto de medidas tendentes a disminuir sensiblemente los efectos asociados a un accidente de consecuencias radiológicas, en caso de una emergencia nuclear. Tales medidas incluyen: 1. Control de acceso a aquellas zonas que puedan quedar o hayan quedado contaminadas, con objeto de disminuir la dosis colectiva y reducir la propagación de la contaminación. 2. Confinamiento de las personas bien en sus domicilios, bien en edificios próximos a los lugares en donde se encuentren en el momento de anunciarse la adopción de la medida, al objeto de facilitar el control sobre el personal para su información o para disponer alguna otra medida, proteger (por el efecto de blindaje de las estructuras del edificio) contra la radiación de la nube contaminante, impedir en lo posible la contaminación de la atmósfera interior del edificio. 3. Profilaxis radiológica que ha de aplicarse antes de que el individuo se sumerja en la nube radiactiva o ingiera alimentos contaminados. Las dificultades de aplicación pueden derivarse de la distribución de los compuestos entre la población y de que su ingestión sea oportuna. De los productos mencionados en el Cuadro 4, sólo se ha demostrado ausencia de riesgos en la administración oral de yoduro o yodato de potasio, compuestos eficaces para reducir la absorción del yodo radiactivo por la glándula tiroides.

4. Protección personal, que incluye una serie de medidas para evitar o disminuir sensiblemente la contaminación superficial o la inhalación de partículas dispersas en el aire, tales como el uso de prendas alrededor del cuello o colocadas en los orificios nasales, el taponamiento de rendijas en los accesos de edificios, parada de los sistemas de ventilación, etc. 5. Control de alimentos y aguas para evitar la ingestión de radionucleidos contenidos en productos que entren en la cadena alimentaria. Hasta que no se tengan los resultados de los análisis radiométricos es aconsejable prohibir el consumo de alimentos de la zona afectada por la nube radiactiva, sustituyéndolos por otros de zonas no afectadas. Después de esta medida y tras conocer los resultados analíticos puede decidirse: el consumo normal, el consumo diferido o restringido, la mezcla con otros alimentos o la prohibición total. 6. Estabulación de animales, realizando confinamiento y control alimenticio de los animales que de alguna manera pueden ser aprovechados, evitando así la propagación de la contaminación y facilitando el cuidado de los animales por lo equipos de emergencia. 7. Evacuación, que es la medida más drástica, pero la más eficaz, siempre que esté justificada por los riesgos radiológicos que se evitan y los no radiológicos que se introducen. 8. Descontaminación de personas y equipos, tiene por objeto evitar el incremento del equivalente de dosis individual y la propagación de la contaminación a otras personas o lugares que incrementarán el equivalente de dosis colectiva. Se debe aplicar siempre que se pase de una zona contaminada a otra sin contaminar. Existen diversos niveles de descontaminación, desde el simple despojo de la vestimenta o coberturas, pasando por lavados más o menos profundos, hasta la intervención sanitaria cuando la contaminación es interna. 9. Clasificación de bajas sanitarias, para distinguir entre las personas traumatizadas y además irradiadas o contaminadas y aquellas otras cuyas enfermedades son ajenas a la radiación, con objeto de establecer las prioridades. 10. Descontaminación de áreas, que puede ser natural (desintegración radiactiva o dispersión en el medio) o artificial, mediante mecanismos de limpieza. El personal y equipos de operación así como las zonas a tratar han de ser controlados dosimétricamente (Cuadros 4 y 6) y la descontaminación se continuará hasta que permita alcanzar niveles de exposición aceptables. 11. Traslado de la población que, tras el paso de la nube radiactiva, queda sometida a la exposición debida a la contaminación del terreno y que, a consecuencia de la misma, puede recibir dosis superiores a las que normalmente son aceptadas. Se diferencia de la evacuación en que ésta se hace de forma apresurada en base a hipótesis conservadoras y sin conocimiento de la duración de tal medida, mientras que el traslado está basado en datos reales, tiene un carácter más reposado y se conoce o puede predecirse la duración del mismo. ■

GLOSARIO

Contador de radiactividad corporal: Dispositivo que permite identificar los radionucleidos presentes en un cuerpo humano o animal y medir sus actividades.

Dosis absorbida: Energía cedida por la radiación ionizante a la unidad de masa del material irradiado. Su unidad es el Gray (Gy), equivalente a 100 rad.

Dosis colectiva: Con referencia a un órgano determinado o a todo el cuerpo, dosis equivalente que reciben los miembros de una colectividad durante el mismo periodo de tiempo.

Dosis equivalente: Con referencia a un órgano determinado o a todo el cuerpo, producto de la dosis absorbida por el factor de calidad de la radiación incidente. Su unidad es el Sievert (Sv), equivalente a 100 rem y correspondiente a la dosis absorbida de un Gray.

Irradiación aguda: Irradiación intensa y de corta duración en la que un organismo vivo sufre lesiones irreparables a largo plazo.

Monitor de radiación: En física nuclear, dispositivo destinado a medir magnitudes relacionadas con las radiaciones ionizantes. Está compuesto por uno o varios detectores, circuitos electrónicos y aparatos de medida o registro.

Órgano crítico: En protección radiológica, y para un radionucleido que se ha introducido en el cuerpo, órgano que sufre el daño más perjudicial para el buen funcionamiento del organismo.

Radiactividad: 1. Propiedad que presentan algunos nucleidos de desintegrarse espontáneamente. 2. En una cantidad dada de un cuerpo, número medio de desintegraciones nucleares que se producen por unidad de tiempo.

Residuo radiactivo: En la legislación española, todo material o producto de desecho que presenta radiactividad. En este concepto se incluyen las aguas y gases residuales contaminados.

BIBLIOGRAFIA

1. Latorre Travis, E. *Radiobiología médica*. Ed. AC (1981).
2. Yaffe, R.P. *Practical health physics* (1982).
3. Collection Securite. N.º 47. IAEA, 1981.
4. Galle, P. *Toxiques Nucleaires*. 1982.
5. Efectos de la guerra nuclear sobre la salud y los servicios de salud. OMS. (1984).
6. Kenneth L. Miller, Weidner. *Handbook of management of Radiation Protection Programs*. CRC Press, Inc. (1986).
7. Carrillo et al. *Emergency planning and preparedness for nuclear facilities*. IAEA. 1986.