

## CONTAMINACION RADIATIVA.

Dr. ENRIQUE ZENTENO Y.  
TENIENTE CORONEL (S) HOSPITAL DE CA-  
RABINEROS.

### INTRODUCCION.

La contaminación radiactiva puede definirse como un aumento de la radiación natural consecuente a la utilización por el hombre de las sustancias radiactivas naturales o producidas artificialmente. Pues, es un hecho que con el descubrimiento de la energía nuclear y, en especial, de la invención de la bomba atómica, se han esparcido por la tierra numerosos productos residuales de las pruebas nucleares. En los últimos años la descarga en la atmósfera de materias radiactivas ha aumentado considerablemente, como asimismo, la cantidad de residuos atómicos provenientes de los reactores nucleares, constituyendo un peligro para la salud pública.

### ESTRUCTURA ATOMICA.

De todos es conocida la teoría atómica, por lo que sólo enunciaremos algunos conceptos necesarios para una mejor comprensión del tema.

Número atómico = carga nuclear = número de protones en el núcleo.

Número de masa = número de protones del núcleo más el número de neutrones de éste.

Se designan como isótopos a los átomos de un mismo elemento (esto es, átomos de un mismo número atómico) que tienen números de masa distintos.

Algunos núcleos atómicos son inestables, esto es, tienden a descomponerse espontáneamente. Los núcleos de esta clase se designan como radioisótopos y la sustancia en que existen, se dice que es radiactiva.

Al descomponerse un radioisótopo natural o artificial deja atrás un nuevo átomo y produce emisiones que consisten en partículas eléctricamente positivas, partículas eléctricamente neutras y rayos parecidos a los rayos X, especialmente los rayos gamma.

Cuando una cantidad determinada de sustancia radiactiva se ha degradado a la mitad de sus átomos se alcanza un periodo de tiempo que llamamos semivida, concepto que aplicamos a los radioisótopos. La semivida del Ra 226 es de 1600 años, la del U natural 238 de 4.500.000.000 de años.

Demás está decir que mientras más larga sea la semivida de un elemento, más peligrosa es su acción sobre el ecosistema.

Radiación de fondo es la radiación de semejantes materiales más el efecto de la radiación que llega a la tierra desde el espacio exterior.

### ¿COMO HA PRODUCIDO EL HOMBRE MAS MATERIA RADIATIVA?

En 1934 Irene y Joliot-Curie, hija y yerno respectivamente de Mm. Curie, bombardearon Boro con partículas alfa y produjeron N 13 que es radiactivo. N 13 fue el primer radioisótopo producido artificialmente. Por consiguiente, este proceso se tradujo en un aumento de la radiactividad en la tierra, provocado por el hombre. Fue la primera producción de residuo atómico.

El descubrimiento de la reacción nuclear en cadena que tiene lugar en la fisión nuclear, condujo a la producción de grandes cantidades de materia radiactiva.

Se designa como un proceso en cadena o una reacción en cadena una serie de pasos que tiene lugar uno tras otro en un proceso y en la que cada paso se añade al anterior como los eslabones en una cadena. La condición en que una reacción en cadena prosigue justamente a una velocidad fija, ni acelerándose ni retardándose, se designa como la condición crítica. La producción de la bomba atómica (fisión) y de reactores nucleares depende de reacciones en cadenas nucleares ramificadas.

Si la reacción en cadena nuclear ramificada prosigue muy rápidamente, tenemos una explosión atómica. Si la ramificación de la cadena es controlada cuidadosamente, la energía puede liberarse lentamente y tenemos un reactor nuclear que puede utilizarse para la producción de energía.

Las reacciones de fisión nuclear producen desechos radiactivos Ba 142, Kr 91, I 137 e Y 97, que son todos radiactivos.

### REACTORES DE FISION NUCLEAR

Nuestro propósito consiste en proporcionar un marco conceptual que le facilite al oyente enfrentarse a los problemas ambientales ligados a la energía nuclear y le permita efectuar apreciaciones acerca de las consecuencias sociales y económicas que de ella resultan.

Los reactores de fisión nuclear combustible y el combustible ha de ser una sustancia cuyos núcleos sean susceptibles de fisión. Hay dos combustibles significativos de fisión nuclear: el Uranio 235 y el Plutonio 239.

Las dos fuentes de energía de fisión importantes que se encuentran al estado natural son el U 235 (0.7% del Uranio natural) y el U 238 (abundante pero no fisiónable hasta haber sido convertido en Pu 239).

Los reactores nucleares necesitan, además de combustible, otro ingrediente esencial, esto es, los neutrones; así, la reacción en cadena es iniciada por una fuente artificial de neutrones.

Ahora bien ¿Cómo se construye el reactor de modo que satisfaga simultáneamente todas las condiciones de seguridad?

Lo primero es decidir si se desea producir energía a partir del U 235 o si se desea también reproducir Pu 239. Comenzaremos por el no reproductor.

### NO REPRODUCTORES.

Se necesita un núcleo reactor de combustible, un moderador y barras de control (esquema 1). Como se produce un calor considerable es necesario hacer circular agua que lleve el calor.

El combustible suele ser, en forma típica, una barra de cerámica de bióxido de uranio, preparado por tratamiento químico convencional (no nuclear) y consta del isótopo natural no fisionable U 238 enriquecido con U 235 fisionable por un factor sólo dos o cuatro veces por encima de su nivel al estado natural (lo que es en sí un factor de protección automático) y que se introducen como cartu-

chos largos y delgados, revestidos de acero inoxidable u otras aleaciones.

Los elementos combustibles quedan rodeados por el moderador que es un reductor de la velocidad de los neutrones, de modo que éstos experimenten captura de fisión. El agua es ventajosa, porque es a la vez moderadora y refrigerante.

En el reactor de agua hirviente, el calor de fisión convierte el agua en vapor, el vapor impulsa una turbina que acciona un generador eléctrico; el vapor residual es enfriado a continuación y devuelto al intercambiador de calor.

Dispersos entre la matriz de los cartuchos de combustible, el moderador y el refrigerador, se encuentran las barras de control que sirven no sólo para regular el flujo de neutrones sino también, como sistema de cierre de urgencia.

Ahora ¿Cuáles serán las precauciones de seguridad? La industria de la energía nuclear considera que sus procedimientos incorporan una triple capa de defensa que hace que un accidente grave sea prácticamente inconcebible.

La primera línea de defensa consiste en la incorporación de factores de seguridad en el diseño, la construcción y el funcionamiento básico del reactor. El reactor nuclear mo-

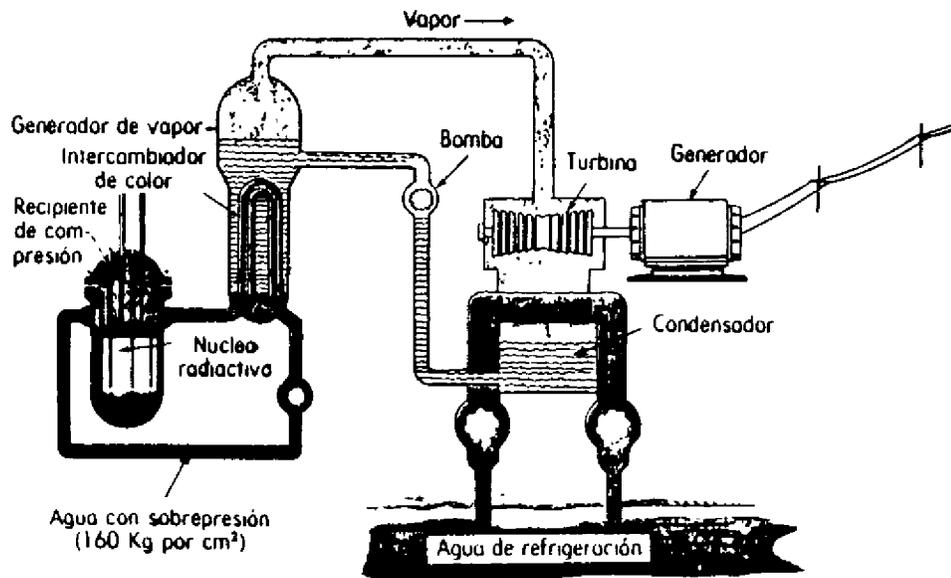


Fig. 1 Ilustración esquemática de una planta de energía nuclear

dermo no tiene, pues, parecido alguno con la bomba atómica, ni siquiera potencialmente, en el caso de que todos los sistemas de seguridad llegaran a fallar. El uso del agua significa una salvaguarda automática, en efecto, una elevación imprevista en el nivel de la energía eliminaría por ebullición algo de agua y esta pérdida se utiliza como señal para iniciar la serie de operaciones de cierre del reactor.

La segunda línea de defensa, en el supuesto que fallara la primera, lo que es casi imposible, consisten en un sistema autónomo de seguridad de modo que si los mecanismos que refrigeran el núcleo del reactor fallan, se dispone al menos de otros dos sistemas independientes de refrigeración, que son de respuesta automática y no precisan de ningún operador humano.

La tercera línea de defensa asume el carácter de las dos primeras si estas vinieran a fallar. Esta barrera final de la contaminación radiactiva del medio ambiente consiste en una estructura maciza de contención (figura 2) que protege el reactor y los generadores de vapor y está destinada, además, a resistir terremotos, huracanes y a contener toda la materia que podría liberarse hacia afuera, inclusive si los más grandes sistemas de tuberías

primarias del reactor se rompieran instantáneamente.

## REPRODUCTORES.

Son aquellos en que a partir del U 238 se obtiene Pu 239 por la acción de neutrones rápidos y lograr la fisión a partir de este último. Esto significa que ha de excluirse el moderador que los retarda. El núcleo del reactor consiste pues en U 238 altamente enriquecido con U 235 o Pu 239 (esto es la fuente de neutrones rápidos), sin moderador alguno. El espacio que deja el moderador se reemplaza con combustible enriquecido complementario; de este modo, las concentraciones conjuntas de los materiales tanto fértiles como fisionables en el núcleo del reactor son mucho mayores que en el no reactor. Esto es más peligroso y así, en caso de accidente existe un mayor peligro de sobrecalentamiento y de fisión del núcleo, lo que concentraría el combustible todavía más y liberaría productos radiactivos más rápidamente todavía. (figura 3)

Por ello se requiere una eliminación muy rápida de calor por lo que el refrigerante de elección es el sodio líquido. El sodio se hace altamente radiactivo al quedar expuesto al

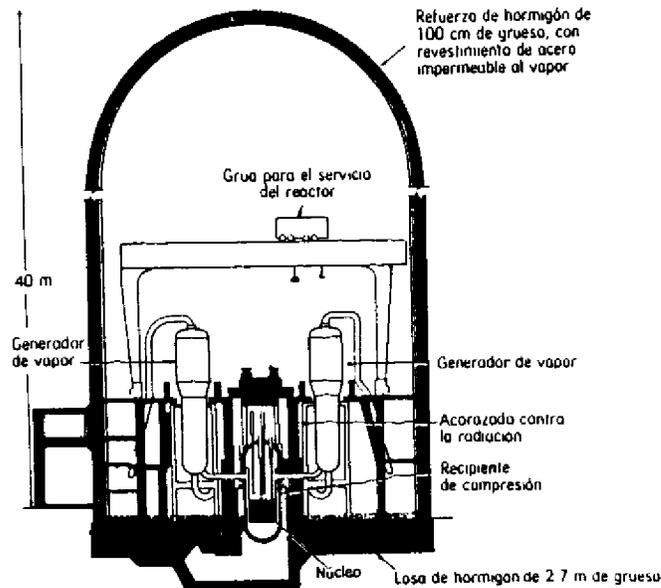


Fig. 2 Estructura de contención para una planta de energía nuclear. (©1971 de The New York Times Company. Reproducido con autorización.)

núcleo del reactor. Pero su propiedad salvadora reside en su capacidad de transportar el calor rápidamente, lejos del reactor, puesto que es un excelente conductor y permanece al estado líquido en un margen de temperatura muy alto, desde 98° C. a 890° C., a la presión atmosférica normal. El intercambiador de calor en el que es producido vapor para impulsar la turbina ha de estar blindado contra el sodio radiactivo. Esto se consigue por medio de un bucle intermedio de sodio no radiactivo.

### PELIGROS AMBIENTALES DE LOS REACTORES DE FISION.

Al apreciarlos, debemos considerar cuatro órdenes de problemas, a saber: 1) ¿Cuáles son las posibilidades de un accidente grave? 2) ¿Cuál es la extensión y el efecto ambiental de las emisiones corrientes de material radiactivo en condiciones normales de funcionamiento? 3) ¿Cuáles son los problemas asociados a la eliminación de residuos radiactivos? y 4) ¿Cuáles son los efectos ambientales del calor residual liberado por las plantas nucleares?

### PROBABILIDADES DE UN ACCIDENTE GRAVE.

Para empezar, debemos comprender que una planta de fisión nuclear no está diseñada como una bomba atómica. Por ello, si se diesen todas las posibilidades de complicaciones, incluso el sabotaje deliberado, podría si produ-

cirse una fuga importante de materia radiactiva a la atmósfera o hacia el afluente del agua refrigeradora. Pero ninguno de estos acontecimientos produciría el efecto, con todo, de concentrar la materia fisionable en el combustible de manera de alcanzar la masa crítica autosustentadora de una reacción en cadena, y, puesto que ésta es la única forma de hacer una bomba, no podría producirse ninguna verdadera explosión nuclear.

La situación si es más complicada en un reactor reproductor donde las masas de material fisionable son más altas y todos los procesos se desarrollan a mayor rapidez, agregado al hecho de usar sodio líquido que al entrar en contacto con el agua, el gas hidrógeno resultante podría explotar en el aire, minando la resistencia del recipiente de contención.

Pero la historia nos ayuda. Estamos trabajando con hipótesis de malos acontecimientos, y, en efecto, en el tiempo se han llegado a producir accidentes desde 1942 en que Enrico Fermi construyó la primera estructura de reacción en cadena o "pila nuclear" hasta la época actual en que existen plantas de alta complejidad. Estos accidentes han llegado a trascender hasta el público, pero lo básico es que en ninguno de ellos se ha producido un auténtico peligro importante, con efecto real, a la población a la que servía el reactor.

### EMISIONES RADIATIVAS DE RUTINA.

Inclusive con el mejor diseño y con un funcionamiento sin accidentes, alguna radiacti-

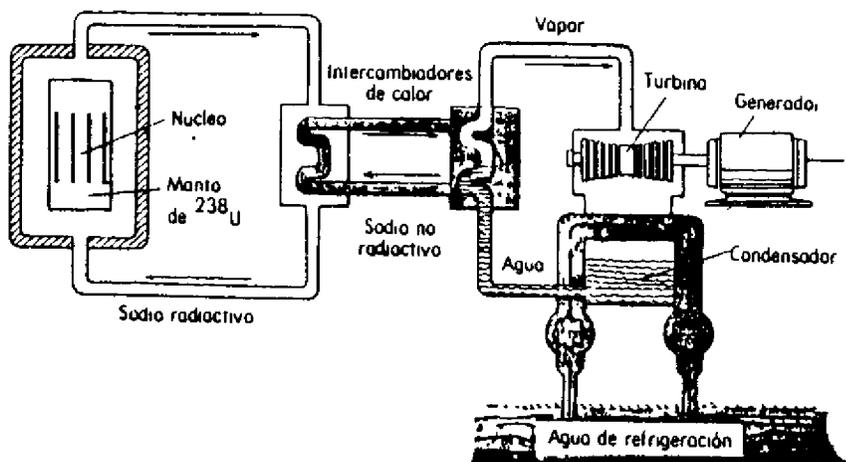


Fig. 3 Diagrama esquemático de un reactor reproductor rápido.

vidad se escapa normalmente hacia el aire y el agua, fuera de la planta. Pero esta emisión es pequeña, por lo que su efecto es inferior a la radiación de fondo de los rayos cósmicos y los materiales radiactivos en la corteza de la tierra, a la que toda vida está sometida.

### LA ELIMINACION DE LOS RESIDUOS RADIACTIVOS.

Después de un uso prolongado, alrededor de un año, los cartuchos de combustible han de quitarse, porque las impurezas retardan demasiado el curso de los neutrones. Los objetivos finales de este procedimiento, que es complicado, consisten en concentrar los residuos lo más posible, con objeto de ahorrar espacio y en almacenarlos en algún lugar donde no ocasionen daños (figura 4). La controversia se refiere al sitio seguro de almacenamiento de los residuos radiactivos, colocados en tanques sellados, que en un tiempo se arrojó a los abismos marinos, lo que fue prohibido por convenios internacionales. Se ha recurrido a su depósito en una mina de sal abandonada o en una caverna de sal. Otros propician su entierro bajo el casquete polar antártico, lo que está en consideración. Alternativamente se propone también el producir una especie de cemento que incorpore la materia radiac-

tiva (cemento caliente) que se inyectaría luego en grietas subterráneas de roca geológicamente estable, donde se endurecería, convirtiéndose en parte de la estructura sólida de la corteza terrestre.

Pero queda el problema del transporte de los residuos del reactor y de los combustibles hasta y desde la planta de tratamiento, y de ésta al lugar de depósito, lo que obliga a cuidados especiales de protección en prevención de accidentes.

Finalmente existe la cuestión de la pérdida o el robo de materiales radiactivos, pero hasta ahora no se ha presentado tal situación.

### LA CONTAMINACION TERMICA.

Una central nuclear de un millón de vatios operando con un 32% de eficiencia, necesitaría 200 millones de litros de agua de refrigeración cada hora para extraer 8.5° C cada hora. No es sorprendente, pues, que semejantes cantidades de calor añadidas a los sistemas acuáticos, ocasionen trastornos ecológicos. Se ha utilizado el término de contaminación térmica para describir estos efectos del calor. No describiremos este tema, pero si podemos decir que es preocupación constante de la ingeniería su solución y muchos de los posibles problemas se han ido solucionando, como también, aprovechando esa energía para beneficios en la agricultura, como es la acele-

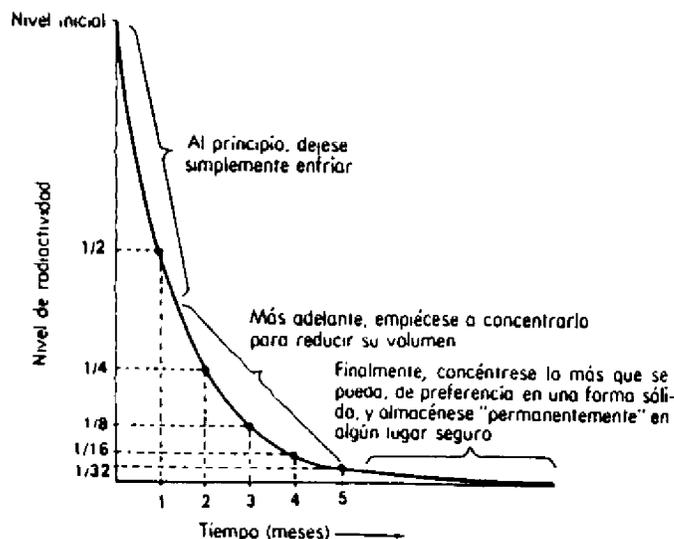


Fig. 4. Eliminación de un producto de desecho radiactivo hipotético con una semivida de un mes.

ración de los cultivos por el calentamiento del suelo.

### LA FUSION NUCLEAR.

Puede obtenerse energía mediante la combinación o fusión de núcleos de determinados elementos, especialmente los isótopos del hidrógeno. La reacción de fusión no crea problema ambiental alguno en este momento, excepto lo relacionado con las explosiones de las "bombas de hidrógeno" en el curso de los ensayos bélicos efectuados, pero no se han desarrollado todavía reactores de fusión prácticos. Sin embargo, todo el mundo espera este paso, porque la fusión nuclear promete una energía "inagotable".

Para que la fusión pueda realizarse, ha de trabajarse a temperaturas muy altas de modo que los núcleos fundentes sean disparados unos contra otros a velocidades muy altas, que superen las repulsiones iniciales, por lo que la fusión resultante se designa como reacción termonuclear. Si se funde una gran masa de isótopos de hidrógeno en un tiempo muy breve y la reacción no puede ser contenida y escapa al control, entonces la explosión resultante es una "bomba de hidrógeno".

Lo contrario es la reacción termonuclear controlada, pero el problema lo plantea el ca-

lor a que ha de trabajarse; alrededor de 40 millones de grados Celsius para la reacción D - T, y de 400 millones de grados para la reacción D - D.

Las soluciones posibles están contenidas en el esquema N° 5 en que además de la fusión se logra a partir del Litio la producción de Tritio que es combustible, absorbería los neutrones y proporcionaría el calor al agua en un cambiador de calor.

Estos problemas aún no han sido resueltos, pero si ello lo fuese se podrían plantear los siguientes problemas ambientales: 1) El peligro de explosión. Estamos totalmente convencidos que tal reactor no podría funcionar como una bomba de hidrógeno y esa explosión no tendría lugar. La razón es que en ningún momento los combustibles podrían alcanzar la masa crítica que desencadenara la fusión no controlada, y 2) el manejo de los residuos radiactivo, que consistirían en la posible liberación de Tritio radiactivo o de neutrones. Pero ambos problemas son solucionables con mucho menos complicaciones que lo que sucede con un reactor de fisión, representando así un progreso enorme respecto a lo que existe actualmente. Sólo quedaría el problema de la contaminación térmica que como vimos, también, está en vías de solución y aprovechamiento.

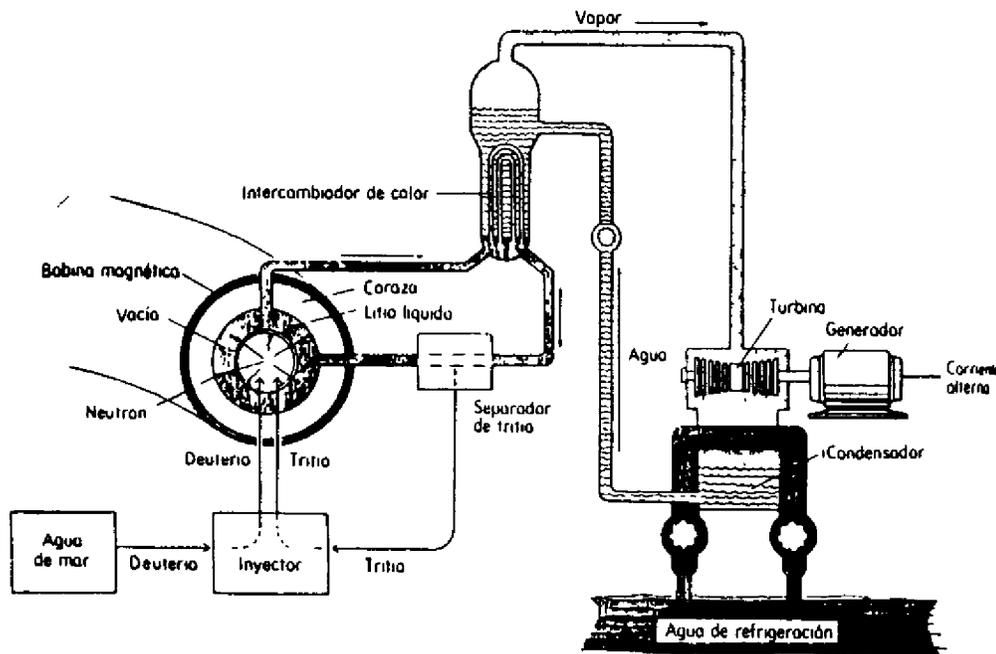


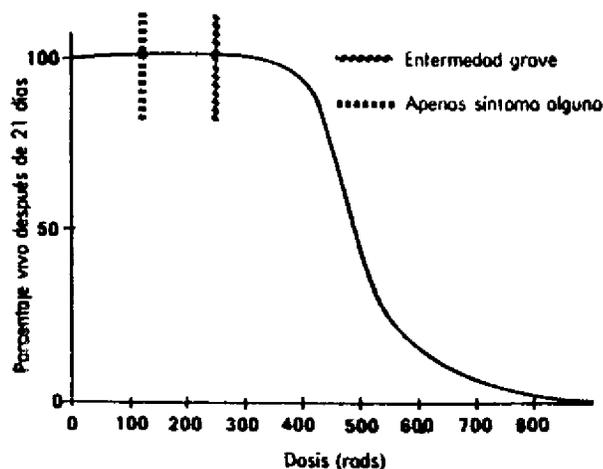
Fig. 5 Dibujo esquemático de una planta de energía termonuclear

## EFFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACION

Hay dos formas en las que un ser vivo puede ser irradiado. La primera es desde una fuente externa de radiación, por ejemplo, un tubo de Rayos X o una fuente de Co-60 que emite rayos gamma. La segunda es por ingestión o inhalación de materiales radiactivos, y, esto se designa como irradiación interna, puesto que la fuente de radiación está dentro del cuerpo y se plantean así los problemas más importantes en conexión con los peligros resultantes para la salud de los productos de desecho radiactivo.

Es la naturaleza química de la sustancia lo que decidirá si el elemento en cuestión puede penetrar en la cadena alimenticia y ser absorbida por animales y plantas y en última instancia por el hombre. Tales hechos ya se han producido y tienen relación con el Sr 90, parecido al calcio y que tiende a depositarse en los huesos, donde su blanco preferente serían las células de la médula osea. Algo parecido sucede con el Cs 137, químicamente semejante al potasio, por lo que se acumularía en los músculos, contaminación que ocurre entre los esquimales al consumir la carne del caribú.

Por ello vale la pena recordar dos hechos: 1) que la concentración de la sustancia en estudio a medida que avanza en la cadena de los alimentos se va concentrando y 2) que a medida que la semivida de los elementos sea mayor, más posibilidad de actuar y dañar al hombre, límite final de la cadena de alimentos.



## EFFECTO DE LAS RADIACIONES SOBRE LAS CELULAS VIVAS.

Los efectos de la radiación sobre el cuerpo han sido observados consecuentes al uso clínico de los rayos X y los agentes radioactivos, post exposición ocupacional o accidental y como consecuencia del uso de armas atómicas. Los efectos más dañinos están determinados por el tiempo de exposición, el cual a su vez depende no sólo de la cantidad de radiación incidente sobre el cuerpo sino también del tipo de radiación (rayos X, neutrones, rayos gamma, alfa o beta partículas) a la cual se exponen los tejidos, y la duración de la exposición.

La tolerancia a la radiación es difícil de definir y no existe una base firme para evaluar los efectos de la radiación para todos los tipos y niveles de radiación. El Comité Nacional de Protección de Radiaciones ha establecido un máximo permisible de exposición a la radiación para personas que trabajan en centros donde exista la posibilidad de exposición, sobre los 18 años, de 0.3 Rad por semana para el cuerpo total (sin exceder de un total de 5 Rads por año) y de 1.5 Rads por semana para las manos. Como ilustración comparativa un examen rutinario de torax (radioscopia) expone a 0.01 - 0.2 Rad. Si estos mínimos de exposición son superados, las personas se exponen a serios daños físicos Ver Cuadro N° 1).

La muerte que ocurre siguiendo a la exposición aguda de radiaciones letales corriente-

Fig. 6.— Curva en la que se aprecia la relación aproximada entre la dosis de radiación administrada a un animal entero, como un ratón o un hombre, y el porcentaje de la población tratada que sobrevive a las tres semanas. Por supuesto, los ratones han sido estudiados extensamente en el laboratorio; los accidentes en la industria y en las explosiones nucleares en el Japón han proporcionado los datos aproximados para el hombre. (De American Scientist 57:206, 1969. Copyright 1969 de Sigma XI National Science Honorary).

mente se debe a fallas hematopoiéticas, daño a la mucosa gastrointestinal, daño al sistema nervioso central o daño amplio al sistema vascular. 400 a 600 Rads de Rayos X o radiación gamma aplicada al cuerpo de una sola vez puede ser fatal dentro de 60 días (Fig. 6), y la muerte es debida corrientemente a hemorragias, anemia, e infección secundaria al daño hematopoiético. Niveles de 1000 a 3000 Rads al cuerpo entero, destruyen la mucosa gastrointestinal, lo cual lleva a la toxemia y a la muerte dentro de dos semanas. Exposición total del cuerpo a dosis sobre 3000 Rads causa amplio daño vascular, anoxia cerebral, shock hipotensor y muerte dentro de 48 horas.

#### EFECTO SOBRE LOS TEJIDOS NORMALES DE LA IRRADIACION AGUDA.

Consisten en hallazgos clínicos en relación a la piel y membranas mucosas, con eritema,

depilación, destrucción de las uñas o epidermolisis.

Además daño a las estructuras profundas, entre las que se destacan el sistema hematopoiético, por compromiso medular, en que baja la producción de elementos sanguíneos, primero los linfocitos. Después los leucocitos polimorfonucleares y finalmente los eritrocitos y las plaquetas. El compromiso del sistema reproductor, siendo más sensibles los hombres en que una sola dosis de sólo 200 a 300 Rads causa la supresión de la espermatogénesis, pudiendo llegar con dosis levemente mayores a la esterilidad definitiva. En la mujer estas dosis producen desde una detención de los ciclos menstruales a la cesación permanente, pudiendo con 500 a 800 Rads alcanzarse la castración permanente. Dosis mínimas de exposición del embrión o del feto in útero resultan en daño al feto con muerte del embrión. Dentro del sistema digestivo el mayor daño lo sufre la mucosa intestinal.

Cuadro 1 Unidades relacionadas con la radiactividad

Unidad	Abreviación	Definición y aplicación
Desintegración por segundo	dps	Una velocidad de radiactividad en la que un núcleo se desintegra cada segundo. La radiación de fondo natural para el organismo humano es de aproximadamente 2 a 3 dps. Esto no comprende la precipitación de las fuentes producidas por el hombre, tales como las bombas atómicas.
Curie	Ci	Otra medida de la radiactividad. Un Ci = 37 000 millones de dps.
Microcurie	µCi	Millonésima de curie, o 37 000 dps.
Roentgen	R	Una medida de la intensidad de los rayos X o gamma en términos de la energía de semejante radiación absorbida por un cuerpo (1 R emite 84 ergios de energía a 1 gramo de aire). <u>El roentgen puede considerarse como una medida de la dosis de radiactividad recibida por un cuerpo. La dosis de la radiactividad natural para el ser humano es de 5 R durante los 30 primeros años de vida. Una simple radiografía dental da aproximadamente 1 R, y una serie completa de radiografías de la boca de aproximadamente 15 R.</u> Otra medida de dosis de radiación equivalente a la absorción de 100 ergios por gramo de tejido biológico. <u>Una medida del efecto sobre el hombre de la exposición a radiación. Tiene en cuenta tanto la dosis de la radiación como la capacidad de daño biológico de la misma. La capacidad de daño se basa en la siguiente escala de factores:</u> rayos X, rayos gamma e iones: 1 neutrones, protones, partículas alfa: 10 núcleos pesados de alta velocidad: 20 El rem se define pues por la relación: <u>Rems = Rads x factor de daño biológico</u> Por consiguiente 100 ergios por gramo (rayos X) = 1 rad = 1 rem pero 100 ergios por gramo (neutrones) = 1 rad x 10 = 10 rem.

---

Siempre se produce una reacción sistemática o enfermedad de radiación cuyo mecanismo básico de desencadenamiento se desconoce. Consiste en anorexia, náusea, vómito, debilidad, fatiga, lasitud y en algunos casos posturación, simple o complicada. La enfermedad de radiación es más posible que se dé por exposición a los rayos X, en especial si se aplican grandes dosis sobre el abdomen, menos cuando lo es sobre el tórax o las extremidades. Si se toman las precauciones debidas, raramente ocurre este cuadro.

#### **MEDIDAS PREVENTIVAS.**

Las personas que se ven necesitadas de manipular fuentes radiactivas deben minimizar las exposiciones a la radiación reconociendo la importancia del tiempo, distancia y medidas de protección. Las áreas donde se trabaje con rayos X y materiales nucleares radiactivos deben protegerse adecuadamente y permitir que en ella laboren sólo personal entrenado con el manejo de tales instrumentos y materiales. Debe proibirse cualquier exposición innecesaria, tanto diagnóstica como terapéutica, lo que debe hacer pensar a los profesionales seriamente cuando solicitan exámenes radiográficos, especialmente cuando ellos son prolongados.

Los equipos de rayos X deben ser revisados periódicamente y chequear las medidas protectoras. Si fuese necesario, deben usarse protectores genitales, en especial en las personas más jóvenes y separar de las funciones al personal femenino que vive sus primeros meses de embarazo. Los exámenes radioscópicos deben ser breves y usar una combinación ideal de filtración y magnitud del haz de rayos, mantener el tubo a una distancia mínima de 45 cm. de la mesa de examen y usar el menor haz requerido para el examen.

Equipos especiales de ropas deben usarse para el manejo de radioisótopos para proteger de la contaminación, y, en caso de contaminación accidental sacarse toda la ropa, darse un vigoroso baño de jabón y agua seguido de un cuidadoso examen con el contador de Geiger para localizar cualquier radiación ionizante.

Recordar que no existen drogas radioprotectoras inocuas y efectivas.

Respecto al tratamiento sólo medidas de cuidados generales, en espera de una sobrevida espontánea, pues no existe tratamiento para los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes.

#### **EFFECTOS CRONICOS O TARDIOS DE LAS DOSIS EXCESIVAS DE RADIACIONES IONIZANTES.**

De entre estos efectos somáticos tardios, ocurridos en meses o en años, el mejor estudiado y objeto de la mayor preocupación, es el cáncer, y puede decirse que las pruebas de que la radiación aumenta la frecuencia del cáncer en las poblaciones expuestas son abrumadoras.

En un comienzo fue corriente en las personas expuestas a la irradiación, el cáncer de la piel y de tumores óseos. En los sobrevivientes de Hiroshima y Nagasaki se presentaron muchos más casos de leucemia dentro de los 10 años consecutivos al ataque de lo que podría esperarse de una población normal.

También los médicos han influido en ello. Antiguamente se trataba con irradiaciones la espondilitis anquilosante, cuadro doloroso de la columna vertebral que afecta especialmente la columna cervical y lumbar. Pues se ha visto en las personas así tratadas, también, una frecuencia mayor de leucemias, comparados con pacientes que no se irradiaron. Igual sucede en hijos de madres que fueron sometidas a estudios de rayos X durante sus embarazos, que presentan una frecuencia mayor de leucemias, y de microcefalias.

Además hay daños cicatriciales a la piel, atrofia y telangectasias, aparte de otros procesos patológicos como endarteritis obstructivas, fibrosis pulmonar, estenosis intestinal.

Las cataratas pueden presentarse en caso de irradiación sobre las estructuras visuales o anexas.

Y, finalmente, una advertencia a todos nosotros. Se ha visto que por alguna razón especial, desconocida aún, en los animales de laboratorio que han sido experimentalmente irradiados, todos muestran un acortamiento de la vida.

#### **PALABRAS FINALES:**

En nuestra preocupación por los efectos ecológicos de la contaminación radiactiva, debemos tener presente la necesidad de exponernos lo menos posible a las radiaciones, la cual es por mucho la radiación de fondo, debida principalmente a la acción de los rayos cósmicos, y cuyas barreras atmosféricas naturales se están debilitando por acción del mismo hombre, aparte de que este mismo al producir mayores desechos radiactivos, eleva también la radiación de fondo.

---

Un paso importante ha sido el control de las explosiones atómicas atmosféricas por la precipitación radiactiva que producen, lo que no quita que en la actualidad mantengamos nuestra presión de opinión sobre aquellos países que continúan con pruebas nucleares de este tipo, como son Francia y la República Popular China. Y, lo más importante, buscar como labor preferencial de los hombres de hoy el entendimiento, comprensión y concurrencia en los actos de buena voluntad entre todos los pueblos del orbe, de manera de alejar de nuestros pensamientos la posibilidad, que ahora vemos como no tan remota de un holocausto atómico y estrechar los lazos de fraternidad

entre los países del mundo y en especial, de nuestra América.

Nuestra conciencia y responsabilidad no acaba en nosotros, pues lo que sembramos y los desechos atómicos que dejamos no influirán sobre nuestras vidas y probablemente sobre la de nuestros hijos, pero sí en nuestros nietos y descendientes más lejanos. Que se diga de nosotros que hemos dejado grandes bienes y no grandes calamidades. Por ello, celebramos las iniciativas como la actual que nos permite estudiar y analizar en conjunto un problema tan importante al hombre de hoy como son las futuras fuentes de energía y el fenómeno de la contaminación radiactiva del ambiente.