

Este Resumen de Salud Pública es el capítulo sumario de la Reseña Toxicológica para la radiación ionizante. El mismo forma parte de una serie de Resúmenes de Reseñas Toxicológicas relacionados a sustancias peligrosas y sus efectos sobre la salud. Una versión más breve, [ToxFAQs™](#), también está disponible. Esta información es importante para usted debido a que la radiación ionizante podría causar efectos nocivos a su salud. Los efectos a la salud de la exposición a cualquier tipo de radiación van a depender de la dosis, la duración, la manera de exposición, las características y los hábitos personales, y si están presentes otras sustancias químicas. Si desea información adicional, puede comunicarse con el Centro de Información de la ATSDR al 1-888-422-8737.

Trasfondo

Este resumen de salud pública le informa acerca de la radiación ionizante y de los efectos de la exposición a este tipo de radiación. Este resumen no trata la radiación no ionizante, como por ejemplo las microondas, el ultrasonido o la radiación ultravioleta.

La exposición a la radiación ionizante puede provenir de muchas fuentes. Usted puede informarse de cuando y donde puede exponerse a fuentes de radiación ionizante en la Sección 1.3 de este resumen. Una fuente de exposición la constituyen los sitios de desechos peligrosos que contienen desechos radioactivos. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) identifica los sitios de desechos peligrosos más serios de la nación. Estos sitios constituyen la Lista de Prioridades Nacionales (NPL) y son los sitios designados para limpieza a largo plazo por parte del gobierno federal. Sin embargo, no se sabe en cuantos de los 1,467 sitios actualmente en la NPL o que formaron parte de la NPL en el pasado se ha buscado la radiación ionizante. A medida que se evalúan más sitios, el número de sitios en que se encuentre radiación ionizante puede aumentar. Esta información es importante porque la exposición a la radiación ionizante puede perjudicarlo y estos sitios pueden constituir fuentes de exposición.

Cuando una sustancia se libera desde un área extensa, por ejemplo desde una planta industrial, o desde un recipiente como un barril o botella, la sustancia entra al ambiente. Esta liberación no siempre conduce a exposición. Aun cuando usted esté expuesto, no significa necesariamente que usted sufrirá daño o efectos a la salud a largo plazo como consecuencia de la exposición a la radiación ionizante.

Si usted está expuesto a la radiación ionizante, hay muchos factores que determinan si le afectará adversamente. Estos factores incluyen la dosis, (la cantidad), la duración (por cuanto tiempo) y el tipo de radiación. También debe considerar las sustancias químicas a las que usted está expuesto, su edad, sexo, dieta, características personales, estilo de vida y condición de salud.

1.1 ¿QUÉ ES LA RADIACIÓN IONIZANTE?

Para explicar lo que es la radiación ionizante, empezaremos con una discusión acerca de los átomos, de como adquieren radioactividad y como emiten radiación ionizante. En seguida, explicaremos de donde proviene la

radiación. Finalmente, describiremos los tipos de radiación más importantes a los que usted puede estar expuesto. En este resumen se tratarán los tres tipos principales de radiación ionizante (radiación alfa, beta y gama) y sus fuentes.

El Átomo. Antes de definir a la radiación ionizante, es útil describir el átomo. Los átomos son el bloque básico de todos los elementos. Existen modelos del átomo basados en mediciones experimentales. Un átomo consiste de un núcleo, formado por protones y neutrones, y muchas partículas más pequeñas llamadas electrones. Normalmente los electrones giran alrededor del núcleo tal como los planetas o cometas giran alrededor del sol. El número de protones en el núcleo de un átomo determina la identidad del elemento. Por ejemplo, un átomo con un protón es el elemento hidrógeno y un átomo con 27 protones es el elemento cobalto. Cada protón tiene una carga positiva, y las cargas positivas tratan de alejarse unas de otras. Los neutrones neutralizan esta acción y actúan como un tipo de pegamento que mantiene a la protones juntos en el núcleo. El número de protones en un átomo de un elemento es siempre el mismo, pero el número de neutrones puede variar. Los neutrones contribuyen al peso de un átomo, de manera que un átomo de cobalto que tiene 27 protones y 32 neutrones es conocido como cobalto-59, ya que 27 más 32 es 59. Si se añade un neutrón más a este átomo, se llamaría cobalto-60. El cobalto-59 y el cobalto-60 son isótopos del cobalto. Los isótopos son formas de un mismo elemento que difieren en el número de neutrones en el núcleo. Como el cobalto-60 es radioactivo, constituye un radionucleido. Todos los isótopos de un elemento, incluso aquellos que son radioactivos, reaccionan de manera químicamente similar. Los átomos tienden a combinarse con otros átomos para formar moléculas (por ejemplo, el hidrógeno y el oxígeno se combinan para formar agua). Los átomos radioactivos que pasan a formar parte de una molécula no afectan el comportamiento químico de la molécula dentro del cuerpo.

Lo que Constituye Radiación Ionizante. La radiación ionizante es energía transportada por varios tipos de partículas y rayos emitidos por material radioactivo, aparatos de rayos X y por elementos combustibles en reactores nucleares. La radiación ionizante incluye a las partículas alfa, partículas beta, rayos X y rayos gama. Las partículas alfa y beta son esencialmente pequeños fragmentos de átomos que se mueven rápidamente. Los rayos X y rayos gama son tipos de radiación electromagnética. Estas partículas y rayos poseen una cantidad tal de energía que pueden desplazar electrones de moléculas como por ejemplo agua, proteínas, y ácidos nucleicos, con las que interactúan. Este proceso se conoce con el nombre de ionización, de donde viene el nombre de radiación ionizante. La radiación ionizante no se puede sentir, de manera que se deben usar instrumentos especiales para determinar si estamos expuestos a ella y para medir el nivel de exposición. Los otros tipos de radiación electromagnética incluyen a las radioondas, microondas, ultrasonido, radiación infrarroja, luz visible y luz ultravioleta. Estos tipos de radiación no poseen energía suficiente para producir ionización y se les llama radiación no ionizante.

Lo que no Constituye Radiación Ionizante. La radiación ionizante no es una sustancia como la sal, el aire, el agua, o una sustancia química peligrosa que se puede comer, respirar o beber, o que puede derramarse sobre la piel. Sin embargo, muchas sustancias pueden ser contaminadas con material radioactivo, y la gente puede exponerse a la radiación ionizante que proviene de estos contaminantes radioactivos.

¿Cómo un Átomo se hace Radioactivo? Un átomo es estable (no radioactivo) o inestable (radioactivo). La proporción de neutrones a protones dentro del núcleo determina si un átomo es estable. Si hay demasiados o muy pocos neutrones, el núcleo es inestable, y se dice que el átomo es radioactivo. Hay varias maneras a través de las cuales un átomo puede transformarse en radioactivo. Un átomo puede ser naturalmente radioactivo, procesos naturales del ambiente pueden hacerlo radioactivo, o la actividad humana puede hacerlo radioactivo. Los materiales radioactivos naturales como el potasio-40 y el uranio-238 han existido desde que la tierra se formó. Otros materiales radioactivos naturales como el carbono-14 y el hidrógeno-3 (tritio) se forman cuando radiación proveniente del sol y las estrellas bombardea la atmósfera de la tierra. Los elementos más pesados que el plomo son naturalmente radioactivos porque originalmente se formaron con demasiados neutrones. La industria genera materiales radioactivos a través de dos procesos. En el primero, un átomo de uranio o plutonio captura un neutrón y se divide (por fisión nuclear) en dos fragmentos radioactivos más dos o tres neutrones. En un reactor nuclear, uno de estos neutrones es capturado por otro átomo de uranio, y el proceso de fisión se repite sucesivamente. En el segundo proceso, átomos estables son bombardeados por neutrones o protones a los que se les confiere una cantidad alta de energía en un aparato llamado acelerador. Los átomos estables capturan estas partículas y se hacen radioactivos. Por ejemplo, el cobalto-59 estable, que se encuentra en el acero que rodea a un reactor nuclear es golpeado por neutrones provenientes del reactor y puede transformarse en cobalto-60 radioactivo. Todo material que contiene átomos radioactivos es un material radioactivo.

¿Cómo Emite Radiación Ionizante un Átomo Radioactivo? Debido a que un átomo radioactivo es inestable, en algún momento se transformará a otro elemento al cambiar el número de protones en el núcleo. Esto es el resultado de una de varias reacciones que tienen lugar en el núcleo con el propósito de estabilizar la proporción de neutrones a protones. Si el átomo contiene demasiados neutrones, un neutrón se transforma en un protón y emite una partícula negativa beta. Si el átomo contiene demasiados protones, normalmente un protón se transforma en neutrón y emite una partícula beta positiva. Algunos átomos de mayor masa que el plomo, por ejemplo el radio, se transforman emitiendo una partícula alfa. Todo el exceso de energía que queda puede ser liberada en forma de rayos gama, que es lo mismo que rayos X. También pueden ocurrir otras reacciones, pero el objetivo final es transformar un átomo radioactivo en un átomo estable de un elemento diferente. Por ejemplo, todos los átomos del cobalto-60 son radioactivos debido a que tienen demasiados neutrones. En algún momento, uno de sus neutrones se transformará en un protón. A medida que el átomo se transforma, el átomo emite su radiación, que consiste de una partícula beta negativa y dos rayos gama. Debido a que ahora el átomo tiene 28 protones en vez de 27, se ha transformado de cobalto a níquel. De esta manera, los átomos inestables del cobalto-60 radioactivo emiten radiación a medida que se transforman en átomos estables de níquel-60.

¿Durante Cuánto Tiempo Puede el Material Radioactivo Emitir Radiación Ionizante? En teoría, puede emitir radiación ionizante indefinidamente. Sin embargo, en la práctica, después de 10 vidas-medias, quedará menos del 0.1% de la radioactividad original y el material radioactivo emitirá solamente cantidades pequeñísimas de radiación ionizante. La vida-media es el tiempo en el que la mitad de los átomos radioactivos se transforman a otro elemento, el que puede ser o no ser radioactivo. Después de 1 vida-media, solamente queda la mitad de los átomos radioactivos; después de 2 vidas-medias, un cuarto de los átomos, luego un

octavo, y así sucesivamente. La vida-media puede ser tan breve como una fracción de segundo o tan larga como billones de años. Cada tipo de átomo radioactivo, o radionucleido, tiene su vida-media característica. Por ejemplo, el tecnecio-99m y el yodo-131, ambos usados en medicina nuclear, tienen vidas-medias de 6 horas y 8 días, respectivamente. El radionucleido del uranio que ocurre naturalmente, el uranio-235, usado en reactores nucleares, tiene una vida-media de 700 millones de años. El potasio-40, que ocurre naturalmente y que se encuentra presente en el cuerpo, tiene una vida-media de 13 billones de años y experimenta aproximadamente 266,000 transformaciones radioactivas por minuto en el cuerpo. Así, el tecnecio-99m permanecerá radioactivo durante 60 horas, y el yodo-131 permanecerá radioactivo durante 3 meses. Por otra parte, el uranio y el potasio, que poseen vidas-medias muy largas, permanecerán radioactivos prácticamente para siempre.

¿Cuáles son los Tres Tipos de Radiación? Los tres tipos principales de radiación ionizante se conocen como radiación alfa, beta y gama. Estos nombres se derivan de las letras del alfabeto griego α (alfa), β (beta) y γ (gama).

Radiación Alfa (o Partículas Alfa). Este tipo de radiación se conoce como radiación alfa o partículas alfa. La radiación alfa es una partícula que consiste de dos protones y dos neutrones y que se moviliza muy rápido y por lo tanto posee una gran cantidad de energía cinética o energía motora. Los dos protones y neutrones hacen a la partícula alfa idéntica a un átomo de helio, pero sin los electrones. Aunque es demasiado pequeña para poder verse con el más poderoso de los microscopios, es grande comparada a una partícula beta. Los protones le confieren una fuerte carga positiva que atrae fuertemente a los electrones de otros átomos de los que pasa cerca. Cuando la partícula alfa pasa cerca de un átomo, excita a sus electrones y puede remover un electrón de este átomo, lo que constituye el proceso de ionización. Este proceso ocurre cada vez que una partícula alfa remueve un electrón de un átomo que se encuentra en su camino. Con cada ionización, la partícula alfa pierde cierta energía y velocidad. Finalmente remueve dos electrones de otro átomo al final de su destino y se transforma en un átomo de helio. El helio no tiene ningún efecto en el cuerpo. Debido a la enorme masa y carga eléctrica, las partículas alfa ionizan fuertemente al tejido. Si la partícula alfa proviene de un material radioactivo fuera del cuerpo, perderá toda su energía antes de atravesar la capa más externa de la piel. Esto significa que usted puede exponerse a radiación alfa solamente si incorpora radiación alfa en el cuerpo (por ejemplo, si la respira o la ingiere en los alimentos o el agua). Una vez dentro de su cuerpo, este material radioactivo puede mezclarse con el contenido del estómago y los intestinos, pasar a la corriente sanguínea, incorporarse a una molécula, y finalmente depositarse en tejido como por ejemplo los huesos. Las partículas alfa generadas por este material radioactivo pueden dañar a este tejido.

Radiación Beta (o Partículas Beta). Este tipo de radiación se conoce como radiación beta o partículas beta. Las partículas beta son electrones de alta energía que algunos materiales radioactivos emiten cuando se transforman. Las partículas beta se forman de una de dos maneras, dependiendo del material radioactivo que las genera. Como resultado, tendrán ya sea una carga positiva o una carga negativa. La mayoría de las partículas beta están cargadas negativamente. Son mucho más livianas y penetrantes que las partículas alfa. Su poder de penetración depende de su energía. Algunas, como por ejemplo el tritio, poseen muy poca energía, y no son capaces de atravesar la capa más externa de la piel. La mayoría tiene suficiente energía como para

atravesar la capa externa de la piel e irradiar el tejido que está debajo. Usted también puede estar expuesto a la radiación beta desde el interior del cuerpo si el radionucleido que emite la radiación pasa al interior del cuerpo. Una partícula beta pierde su energía cuando excita y ioniza a los átomos que encuentra en su camino. Cuando ha usado toda su energía cinética, una partícula beta (negatrón) se transforma en un electrón común y no tiene ningún efecto en el cuerpo. Una partícula beta positiva (positrón) choca con un electrón con carga negativa de la cercanía y este par, electrón/positrón, se convierte en un par de rayos gama llamados radiación de aniquilamiento, que puede interactuar con otras moléculas en el cuerpo.

Radiación Gama (o Rayos Gama). Este tipo de radiación es conocida como radiación gama o rayos gama. A diferencia de la radiación alfa y beta, la radiación gama no es una partícula, sino que es un rayo. Es el tipo de luz que usted no puede ver, como las ondas de radio, luz infrarroja, luz ultravioleta y los rayos X. Cuando un átomo radioactivo se transforma emitiendo partículas alfa o beta, puede que también emita uno o más rayos gama para liberar cualquier exceso de energía. Los rayos gama son paquetes de energía que no poseen carga o masa. Esto les permite viajar distancias muy largas a través del aire, tejidos corporales y otros materiales. Se movilizan una distancia tanto más larga que las partículas alfa o beta que la fuente de rayos gama no necesita estar localizada en el interior del cuerpo o cerca de la piel. La fuente de rayos gama puede estar relativamente lejos, por ejemplo en forma de materiales radioactivos en materiales de construcción que están cerca, en el suelo o el asfalto. Un rayo gama puede atravesar el cuerpo sin hacer contacto con nada, o puede que choque con un átomo y le dé al átomo toda o parte de su energía. Normalmente esto remueve un electrón del átomo (y lo ioniza). Este electrón usa la energía que recibió del rayo gama para ionizar a otros átomos removiendo también electrones de ellos. Debido a que un rayo gama es puramente energía, una vez que pierde toda su energía, deja de existir.

1.2 ¿CÓMO ENTRA Y SE DISPERSA EN EL AMBIENTE LA RADIACIÓN IONIZANTE?

El material radioactivo puede ser liberado al aire en forma de partículas o de gas como resultado de procesos naturales y de procesos industriales, médicos y actividades científicas. Todo el mundo, sin excepción, está expuesto a radiación ionizante proveniente de fuentes naturales, como por ejemplo la radiación cósmica del espacio y la radiación terrestre producida por materiales radioactivos en el suelo. La radiación ionizante también puede provenir de materiales radioactivos producidos industrialmente (tal como el iridio-192); de la práctica de medicina nuclear (como el tratamiento del cáncer de la tiroides con iodo-131 y exámenes de la tiroides usando iodo-125 o de exámenes de los huesos que usan tecnecio-99m); de la investigación clínica y biológica usando carbono-14, tritio y fósforo-32; del ciclo de combustibles nucleares (que genera productos de fisión como el cesio-137 y productos de activación como el cobalto-60); y de la producción y pruebas de armas nucleares. El material radioactivo liberado al aire es transportado por el viento y es esparcido al mezclarse con el aire. Puede permanecer diluido en la atmósfera durante mucho tiempo. Cuando el viento sopla a través de terreno contaminado con materiales radioactivos, las partículas radioactivas pueden volver a pasar a la atmósfera. El material radioactivo en el suelo puede ser incorporado por las plantas y animales, que luego pueden ser consumidos por la población.

El agua puede contener materiales radioactivos naturales y manufacturados provenientes del suelo. La lluvia y la nieve también remueven materiales radioactivos naturales y manufacturados del aire. Materiales radioactivos pueden ser agregados al agua a través de liberaciones intencionales o accidentales de material radioactivo líquido desde fuentes como por ejemplo hospitales, centros de investigación, plantas de manufactura o plantas nucleares. El material radioactivo también puede alcanzar el agua superficial cuando partículas radioactivas en el aire se depositan en el suelo o son arrastradas por la lluvia y la nieve, o cuando el suelo que contiene material radioactivo es arrastrado a un río o un lago. El movimiento de líquido radioactivo está limitado por el volumen de los cuerpos de agua a los que se ha escurrido. Al igual que el sedimento, alguna cantidad de material radioactivo puede depositarse en las orillas o en el fondo de lagunas y ríos. En el contexto de salud pública y de la ecología, a veces es importante distinguir entre radioactividad disuelta y radioactividad ligada a partículas suspendidas en el agua o depositadas en el fondo. El material radioactivo también puede concentrarse en plantas y en animales acuáticos. Eventualmente, el material radioactivo en el líquido que fluye hacia ríos y arroyos puede llegar al océano (en un metro cúbico de agua de mar ocurren aproximadamente un millón de transformaciones de potasio radioactivo por minuto).

El material radioactivo se mueve muy lentamente en el suelo comparado con la velocidad con la que se mueve en el aire y el agua. El material radioactivo a menudo se adherirá a la superficie del suelo. El material radioactivo puede adherirse a la materia orgánica en el suelo, lo que retarda su movilización a través del ambiente. Si las cosechas se riegan con agua que contiene material radioactivo, el material radioactivo puede ser incorporado a través de la raíces de la planta o puede contaminar la parte exterior de la planta. Las plantas pueden ser consumidas por seres humanos y animales. Los materiales radioactivos que ocurren naturalmente en el suelo (uranio, radio, torio, potasio, tritio y otros) también son incorporados por las plantas, y pueden ser consumidos por seres humanos y animales.

1.3 ¿CÓMO PODRÍA YO ESTAR EXPUESTO A LA RADIACIÓN IONIZANTE?

La tierra está siendo irradiada continuamente con niveles bajos de radiación ionizante, de manera que todos los animales, las plantas y otros organismos vivientes están expuestos diariamente a pequeñas cantidades de radiación ionizante provenientes de varias fuentes. La Figura 1-1 muestra que la mayor parte de la radiación que usted recibe proviene de fuentes naturales en el ambiente. Porciones más pequeñas provienen de productos médicos, productos de consumo y de otras fuentes.

La Figura 1-2 presenta información detallada de las fuentes de radiación para la persona promedio en los Estados Unidos. Los niveles naturales (82%) que se muestran en la Figura 1-1 incluyen al radón, radiación terrestre, radiación cósmica, y las fuentes internas naturales de radiación que aparecen en la Figura 1-2. La mayor parte de la dosis de radiación diaria proviene del radón (55%) que se encuentra en el aire. Niveles más altos de radón se encuentran en el interior de viviendas (especialmente áreas subterráneas). La Figura 1-3 muestra que los niveles de radón en el interior de viviendas dependen del lugar donde usted vive. Niveles más elevados pueden ocurrir en áreas bajo tierra, como por ejemplo minas. Usted está siempre expuesto a radiación proveniente de fuentes cósmicas (principalmente del espacio exterior, 8% proviene del sol), de fuentes terrestres

(8% de las rocas y el suelo) y de fuentes internal naturales (10% de material radioactivo normalmene presente en su cuerpo). Usted también puede estar expuesto a radiación proveniente de exámenes de rayos X (11%), de exámenes de medicina nuclear como por ejemplo sondeo de la tiroides (4%) y de productos de consumo, tales como aparatos de televisión y detectores de humo (3%), como también de otras fuentes.

Menos de 1% del total de la dosis de radiación ionizante que reciben las personas que viven en los Estados Unidos proviene de sus ocupaciones, de residuos de pruebas nucleares, del ciclo de combustibles nucleares o de otras exposiciones. Sin embargo, las personas en ciertos tipos de ocupaciones pueden experimentar dosis más altas (pilotos y azafatas, astronautas, trabajadores industriales y de plantas de energía nuclear, personas que trabajan con rayos X, profesionales de la salud, etc.). Algunas personas se han expuesto a niveles de radiación ionizante más altos que lo normal como consecuencia de pruebas de armas nucleares, y otros a raíz de accidentes en plantas de energía nuclear o en la industria.

No todo el mundo estará expuesto a todas las fuentes posibles o al mismo porcentaje de radiación que se muestra en la Figura 1-2. Debido a que los porcentajes que se muestran en la Figura 1-2 corresponden a promedios, la mitad de la población recibirá dosis más altas y la otra mitad recibirá dosis más bajas proveniente de las fuentes que se muestran en la figura. Por ejemplo, si usted no está expuesto a rayos X rutinariamente, puede que reciba una dosis total de radiación más baja que la que se muestra. Sin embargo, si usted vive en un pueblo o ciudad muy por encima del nivel del mar, puede que reciba una dosis de radiación cósmica más alta

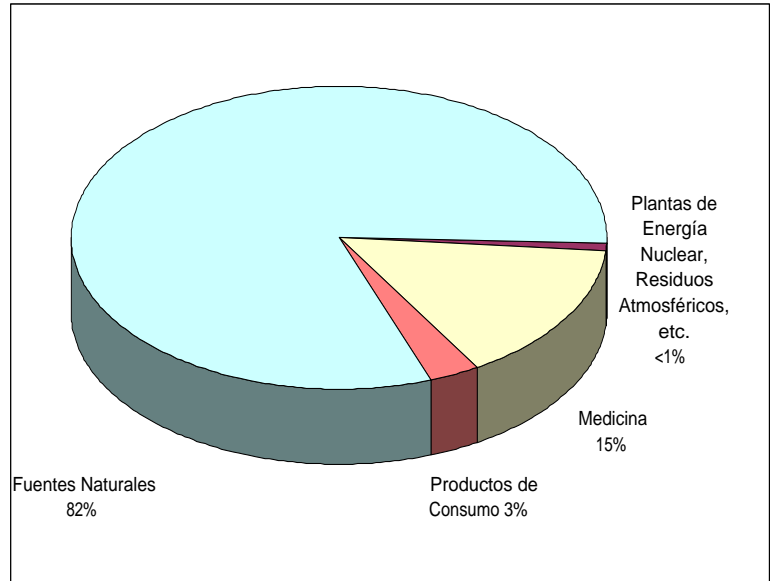


Figura 1-1. Fuentes de Exposición para el Ciudadano Promedio de los EE. UU.

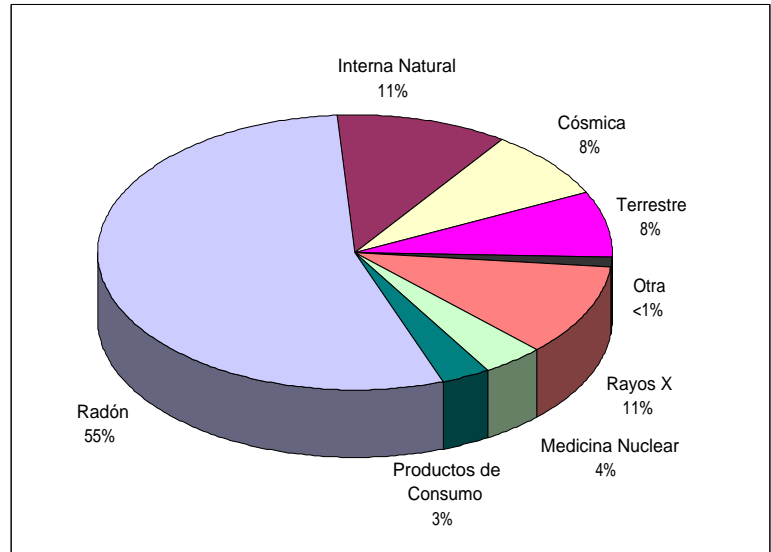


Figura 1-2. Detalle de las Exposiciones a Radiación

Mapa de la EPA de Zonas de Radón

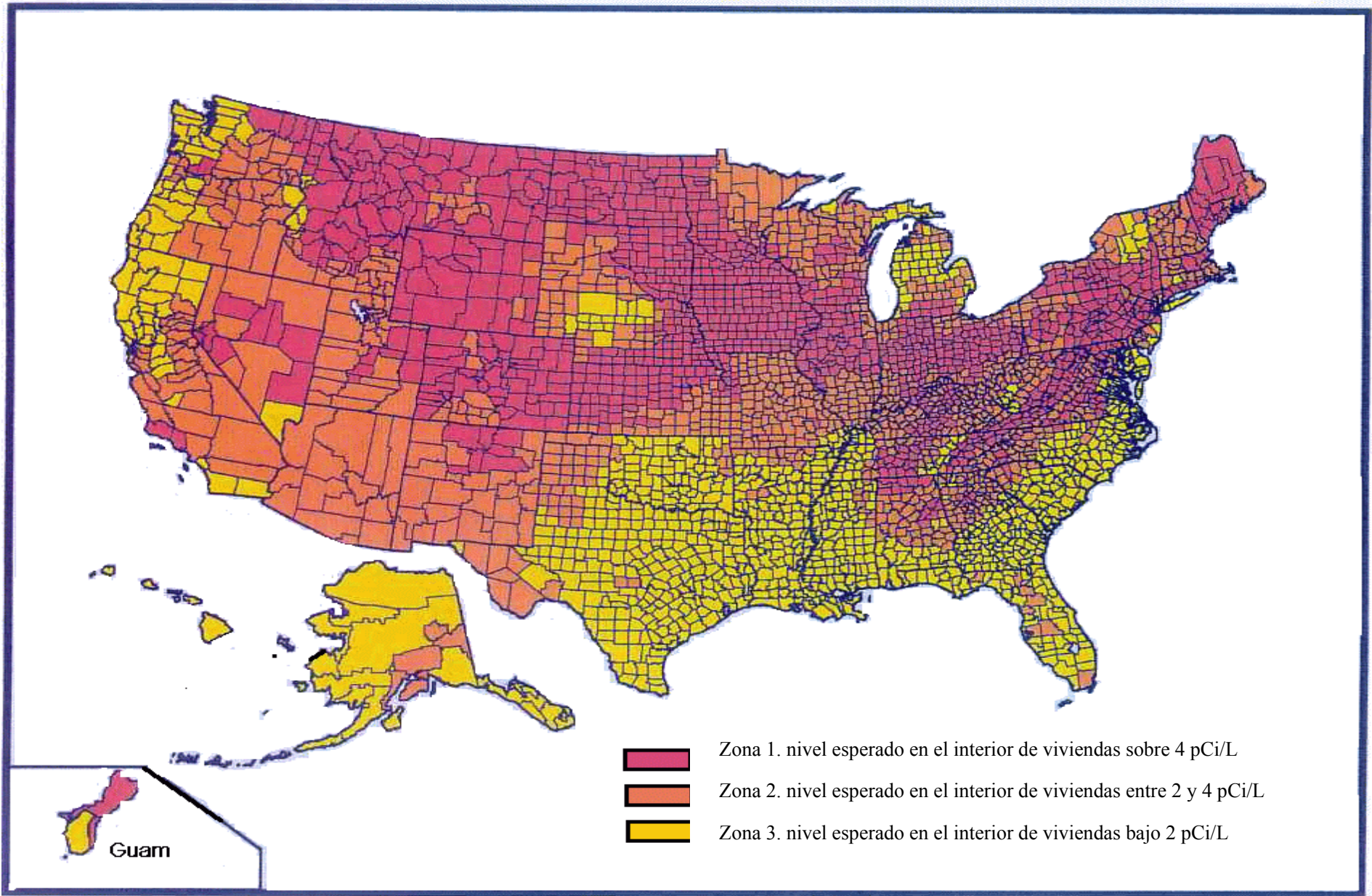


Figura 1-3. Mapa de la EPA de Niveles de Radón en el Interior de Viviendas en los EE.UU.

que alguien que vive en un pueblo o ciudad cerca del nivel del mar. La Tabla 1-1 muestra que el lugar donde usted vive y la actividad que desarrolla determinan la cantidad de radiación ionizante que usted recibirá.

El término “dosis” se usa a menudo para describir la dosis absorbida o la dosis equivalente, dependiendo del contexto. La dosis absorbida se mide ya sea en una unidad tradicional llamada rad o una unidad de Sistema Internacional (S.I.) llamada gray (Gy). Tanto los grays como los rads (1 Gy = 100 rads) son unidades que miden la concentración de la energía absorbida. La dosis absorbida es la cantidad de energía absorbida por kilogramo de la materia que la absorbe. Las dosis de las diferentes radiaciones no son equivalentes biológicamente. Por esta razón, una unidad conocida como la dosis equivalente, que considera tanto la dosis como el tipo de radiación, se usa en dosimetría de radiación. La unidad de dosis equivalente es conocida como rem, en unidades tradicionales, y como sievert (Sv) en unidades S.I. (1 rem = 0.01 Sv). En el caso de radiación beta y gama, 1 rad =1 rem (1 gray = 1 sievert). En el caso de radiación alfa, 1 rad = 20 rem (1 gray = 20 sievert). Las cantidades pequeñas de radiación pueden expresarse usando términos como el milirem (mrem) y el milisievert (mSv), en donde 1 mrem = 0.001 rem y 1 mSv = 0.001 Sv.

La dosis anual promedio que recibe una persona en los Estados Unidos es aproximadamente 360 mrem (3.6 mSv). La dosis que recibe una persona depende de factores tales como la radiación natural del ambiente donde vive, del historial clínico de la persona y de la experiencia ocupacional con fuentes de radiación.

Tabla 1-1. Dosis Aproximada de Radiación Ionizante que Reciben Algunos Individuos

Actividad	Dosis	Comentarios
Promedio de exposición a radiación ionizante que recibe una persona en los EE.UU.		
Dosis total anual	360 mrem/año (3.6 mSv/año)	
De fuentes naturales	300 mrem/año (3.0 mSv/año)	
De fuentes manufacturadas	60 mrem/año (0.6 mSv/año)	
De reactores nucleares	Menos de 1 mrem/año (menos de 0.01 mSv/año)	
Dosis aproximada de radiación ionizante (cósmica + terrestre) en varias localidades		
Residente de Kerala, India	1,300 mrem/año (13mSv/año)	Material radioactivo concentrado en el suelo
Residente de Colorado, EE.UU.	179 mrem/año (1.79 mSv/año)	A gran altura sobre el nivel del mar
Residente de Boston, MA, EE.UU.	100 mrem/año (1.0 mSv/año)	A nivel del mar
Residente de Louisiana, EE.UU.	92 mrem/año (0.92 mSv/año)	A poca altura sobre el nivel del mar
Dosis aproximada de radiación ionizante sobre el nivel normal y durante algunas actividades		
Cerca de un paciente después de ser sometido a un examen de medicina nuclear	menos de 500 mrem/paciente (menos de 5 mSv/paciente)	Normas para clínicas médicas. Dosis depende de la cantidad de material radioactivo
Trabajador de planta de energía nuclear	menos de 300 mrem/año (menos de 3 mSv/año)	
Radiografía dental completa	40 mrem (0.4 mSv)	

Tabla 1-1. Dosis Aproximada de Radiación Ionizante que Reciben Algunos Individuos

Actividad	Dosis	Comentarios
Azafata en vuelo de Nueva York a Los Angeles	5 mrem/vuelo (0.05 mSv/vuelo)	
Mirando televisión en color	2 a 3 mrem/año (0.02 a 0.03 mSv/año)	
Vivir al lado de una planta de energía nuclear	1 mrem/año (0.01 mSv/año)	
Vivir en edificio de varios pisos	aproximadamente 1 mrem/año por cada 5 pisos sobre la calle (menos de 0.01 mSv/año)	Diferencia entre Los Angeles y Denver = 87 mrem/5000 pies ó 2 mrem/100 pies ó 1mrem/5 pisos
Persona que ve pasar de cerca un camión cargado con residuos radioactivos	menos de 0.1 mrem/camión (0.001 mSv/camión)	

1.4 ¿CÓMO PUEDE LA RADIACIÓN IONIZANTE ENTRAR Y ABANDONAR MI CUERPO?

La exposición a la radiación ionizante puede deberse a radiación desde una fuente localizada fuera del cuerpo. También puede deberse a la presencia de material radioactivo dentro del cuerpo. La respuesta a la pregunta de cómo puede usted exponerse a la radiación ionizante puede separarse en dos partes. El primer párrafo que sigue describe a la radiación ionizante que proviene de una fuente localizada a cierta distancia fuera del cuerpo (radiación externa). El párrafo subsiguiente describe a la radiación ionizante proveniente de una fuente dentro del cuerpo (radiación interna).

Radiación externa. La radiación externa proviene de fuentes de radiación ionizante naturales y manufacturadas que se encuentran *fuera de su cuerpo*. Cierta parte de la radiación natural es la radiación cósmica del espacio. El resto es emitido por materiales radioactivos en el suelo y por materiales de construcción que lo rodean. Las actividades humanas contribuyen a elevar los niveles de materiales radioactivos naturales en algunos productos o en el ambiente. Algunos ejemplos de esas actividades son la manufactura de abonos, la combustión de carbón en plantas de energía y la extracción y purificación de minerales de uranio. La radiación ionizante generada por actividades humanas se suma a la radiación externa natural que usted recibe. Un porcentaje de esta radiación es emitida por máquinas de rayos X, aparatos de televisión, fuentes radioactivas usadas en la industria y por pacientes que se han sometido a exámenes de medicina nuclear y quimioterapia. El resto es emitido por materiales radioactivos manufacturados que se encuentran en productos de consumo, en equipo industrial, residuos de explosiones nucleares, y en menor grado por residuos médicos y reactores nucleares. Los rayos gama son el tipo de radiación que presentan el mayor riesgo cuando usted se expone a fuentes externas de radiación ionizante. Los rayos gama (tal como lo rayos X) son paquetes de energía electromagnética que usted no puede ver, sentir ni oler. Los rayos gama provenientes de fuentes naturales y manufacturadas atraviesan su cuerpo tal como lo hacen los rayos X, con la velocidad de la luz. Los rayos gama pueden atravesar el cuerpo sin impactar nada. Cuando un rayo gama impacta a una célula, deja atrás un cantidad pequeña de energía que puede causar daño. Otros tipos de radiación ionizante,

como las partículas alfa y beta, impactan su cuerpo pero normalmente no poseen suficiente energía como para causar daño. La dosis de radiación externa que usted recibe depende de la cantidad de energía que la radiación ionizante confiere a su cuerpo cuando pasa a través de él. La exposición a radiación externa no lo hace a usted radioactivo. El promedio anual de radiación externa que recibe una persona en los Estados Unidos es aproximadamente 100 mrem (1 mSv/persona).

Radiación interna. La radiación interna es la radiación ionizante emitida por materiales radioactivos naturales y manufacturados que se encuentran *dentro del cuerpo*. Materiales radioactivos penetran su cuerpo diariamente a través del aire que respira y el agua y los alimentos que consume. Algunos ejemplos de materiales radioactivos naturales que entran y salen del cuerpo diariamente son el potasio-40, el carbono-14 y el radón. Pequeños remanentes de materiales radioactivos generados por explosiones nucleares del pasado también penetran su cuerpo diariamente. En algunas ocasiones, las condiciones ambientales o actividades industriales concentran a los materiales radioactivos. Si usted se expone a estos materiales, más radioactividad entrará a su cuerpo. Pequeñas fuentes de radiación ionizante también pueden ser colocadas dentro del cuerpo por razones médicas para llevar a cabo ciertos exámenes o tratar algunos tipos de cáncer. Los científicos y los médicos se han asegurado de que los beneficios de la exposición a la radiación ionizante contrarrestan cualquier efecto perjudicial que podría producir la radiación ionizante. Los exámenes médicos usan pequeñas cantidades de radiación o de materiales radioactivos, pero algunos tipos de quimioterapia usan dosis altas que benefician al paciente. Los hospitales, plantas de electricidad que utilizan carbón como combustible y reactores nucleares liberan pequeñas cantidades de materiales radioactivos. Los materiales radioactivos pueden acumularse en su cuerpo si entran al cuerpo en mayor cantidad de la que abandona el cuerpo en la orina y las heces o debido al decaimiento radioactivo. Si la vida-media del radioisótopo dentro del cuerpo es breve y decae antes de que el cuerpo lo elimine, desaparecerá del cuerpo más rápidamente que debido exclusivamente a eliminación biológica. Por lo tanto, la retención o eliminación de radioisótopos del interior del cuerpo refleja la vida-media efectiva, que considera el efecto conjunto de la eliminación biológica y el decaimiento radioactivo.

Los radioisótopos dentro del cuerpo pueden emitir rayos gama, partículas alfa o partículas beta, dependiendo del isótopo. Muchos rayos gama abandonan el cuerpo sin impactar ninguna estructura. Cuando un rayo gama impacta a una célula, le transfiere energía a la célula. Cuando toda la energía ha sido transferida, el rayo gama desaparece. Las partículas alfa y beta viajan distancias cortas, suministrando energía a las células que impactan. El impacto hace que pierdan energía y rápidamente se detengan. Toda su energía es absorbida dentro del cuerpo. Cuando las partículas alfa se detienen, se transforman a helio, que luego se elimina en el aire que se exhala. Cuando las partículas beta se detienen, se transforman a electrones y se unen a átomos que están cerca. La dosis de radiación interna es una medida de la energía depositada por toda la radiación ionizante producida dentro de su cuerpo. El promedio de la dosis anual de radiación interna en los Estados Unidos es aproximadamente 260 mrem por persona (2.6 mSv/persona).

1.5 ¿CÓMO PUEDE LA RADIACIÓN IONIZANTE AFECTAR MI SALUD?

La manera como la radiación afecta su salud depende del tamaño de la dosis de radiación. Los científicos han estudiado los efectos de la radiación en seres humanos y en animales de laboratorio desde hace muchos años. Los estudios que se han llevado a cabo hasta el momento han demostrado que la exposición a las dosis bajas de radiación ionizante a las que nos exponemos diariamente no es perjudicial. En cambio, sí sabemos que la exposición a cantidades masivas de radiación ionizante puede producir daño grave. Por lo tanto, es aconsejable no exponerse a más radiación ionizante que la necesaria.

La exposición a cantidades altas de radiación ionizante puede producir efectos tales como quemaduras de la piel, caída del cabello, defectos de nacimiento, cáncer, retardo mental y la muerte. La dosis determina si un efecto se manifiesta y con qué severidad. La manifestación de efectos como quemaduras de la piel, caída del cabello, esterilidad, náusea y cataratas, requiere que se exponga a una dosis mínima (la dosis umbral). Si se aumenta la dosis por sobre la dosis umbral el efecto es más grave. En grupos de personas expuestas a dosis bajas de radiación (Three Mile Island y Chernobyl) se ha observado un aumento de la presión psicológica. También se ha documentado alteración de las facultades mentales (síndrome del sistema nervioso central) en personas expuestas a miles de rads de radiación ionizante.

Se dice que la radiación ionizante es carcinogénica porque puede aumentar la probabilidad de que usted desarrolle cáncer. Mientras más alta la dosis, más alta es la probabilidad de desarrollar cáncer. Los científicos basan las normas de exposición a radiación en la suposición de que cualquier dosis de radiación, no importa cuan pequeña, tiene una cierta probabilidad de producir cáncer. Esto se conoce como una relación de dosis a respuesta con “umbral cero.” Los tipos de cáncer producidos por la radiación son indistinguibles de aquellos producidos por otras causas, de manera que nunca se puede eliminar la radiación como causa de un cáncer específico. Para determinar que probabilidad tiene una dosis de radiación de producir cáncer, los científicos miden la dosis de radiación a que se ha expuesto un grupo de gente, por ejemplo los sobrevivientes de las bombas atómicas en Japón. Luego comparan la tasa de cáncer (el período de observación para el cáncer se extiende sobre décadas) en el grupo expuesto a la de un grupo similar de gente no expuesta. También consideran factores como la edad, sexo y el tiempo transcurrido desde que la exposición terminó. Finalmente, calculan los factores de riesgo para los varios tipos de cáncer. El uso de estos factores hace posible estimar la probabilidad de que una dosis de radiación produzca cáncer. Aunque se supone un umbral de cero, los investigadores no han observado una tasa elevada de cáncer en el grupo de Japoneses expuestos a una dosis de radiación menor de 20 rad (0.2 Gy). En personas expuestas a dosis de radiación más bajas que 40 rad (0.1 a 0.4 Gy) no se han observado aumentos de la tasa de ningún tipo de leucemia.

Los efectos del material radioactivo presente dentro del cuerpo son similares a los producidos por la radiación externa. Los efectos dependen de la dosis y de factores tales como el sexo y la edad a la que se expuso. A su vez, la dosis de radiación absorbida depende del material radioactivo, la actividad del material, el tipo de energía de la radiación, la vida-media efectiva del material radioactivo, la forma química del material, la manera como entró al cuerpo y de la rapidez con que abandonó el cuerpo.

Mucha gente está expuesta a radiación y a materiales radioactivos que se usan en exámenes médicos y en quimioterapia. Los tratamientos con radiación por razones médicas presentan el mismo riesgo que la radiación que proviene de otras fuentes. Tal como sucede con cualquier tratamiento médico, los efectos potencialmente beneficiosos para la salud deben contrapesarse con los efectos potencialmente perjudiciales.

Una manera para entender mejor los efectos de la radiación es estudiar sus efectos en animales de experimentación. Sin el uso de animales de laboratorio, los científicos perderían un método importante para obtener información necesaria para tomar decisiones apropiadas con el fin de proteger la salud pública. Los científicos tienen la responsabilidad de tratar a los animales de investigación con cuidado y compasión. Actualmente hay leyes que protegen el bienestar de los animales de investigación, y los científicos deben adherirse a estrictos reglamentos para el cuidado de los animales.

1.6 ¿CÓMO PUEDE LA RADIACIÓN IONIZANTE AFECTAR A LOS NIÑOS?

Esta sección discute los posibles efectos sobre la salud en seres humanos expuestos durante el período desde la concepción a la madurez a los 18 años de edad. Los posibles efectos en los niños causados por exposición de los padres también se consideran.

Tal como los adultos, los niños están expuestos a pequeñas cantidades de radiación ionizante natural que proviene del suelo del lugar que habitan, de los alimentos y el agua que ingieren, del aire que respiran y de fuentes extraterrestres. La cantidad de radiación que usted recibe depende de donde vive. En algunos lugares hay más radiación que en otros. No hay ninguna evidencia que indique que la exposición a niveles naturales de radiación ionizante afecta la salud de adultos o de niños. Si los niños se exponen a niveles de radiación ionizante más altos que lo normal, es probable que sufran efectos similares a los observados en adultos expuestos de manera similar.

Si una mujer embarazada se expone a niveles altos de radiación ionizante, es posible que el bebé nazca con algunas anomalías del cerebro. Hay un período de 8 semanas durante el primer trimestre del embarazo durante el cual el feto es especialmente sensible a los efectos de niveles de radiación ionizante más altos que lo normal. A medida que los niveles de radiación ionizante aumentan, también aumenta la probabilidad de que ocurran anomalías del cerebro. Eventualmente estas anomalías se manifiestan en una reducción del tamaño de la cabeza, retardo mental (medido con pruebas de Cociente de Inteligencia) y en otros defectos. Estos efectos no son reversibles.

1.7 ¿CÓMO PUEDEN LAS FAMILIAS REDUCIR EL RIESGO DE EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN IONIZANTE?

Si su doctor encuentra que usted ha estado expuesto a cantidades significativas de radiación ionizante pregunte si sus niños también podrían haber estado expuestos. Puede que su doctor necesite pedir que su departamento estatal de salud investigue.

La mejor manera para reducir la exposición a niveles de radiación más altos que lo normal es evitar la exposición. Sin embargo, esto no siempre es posible o recomendable. Una manera común de exposición a la radiación ionizante es a través de un examen de rayos X, sin embargo, unos pocos exámenes al año no lo afectarán. Cuando usted o sus niños se exponen a rayos X, asegúrese de usar el atuendo protector debidamente. El tecnólogo se asegurará de que la exposición se limite al área que debe ser examinada.

En algunas ocasiones puede que sea necesario ser inyectado con una sustancia química que contiene un material radioactivo para ayudar a un doctor a diagnosticar o tratar una enfermedad. Numerosos estudios han demostrado que estas drogas, si se usan debidamente, no causan daño. Siempre siga las instrucciones del doctor después de haber sido tratado con estas drogas.

Hay muchos lugares que fabrican o usan varios tipos de materiales radioactivos o radiación ionizante para uso en medicina o en investigación. Si usted visita una de estas facilidades, obedezca todas las precauciones de seguridad. No entre en áreas prohibidas. Puede que le pidan que use un aparato especial en la camisa para registrar la cantidad de radiación ionizante a que está expuesto durante la visita a la planta. Esta es una medida de precaución. No ponga el detector en el bolsillo o deje que otra persona lo use.

1.8 ¿HAY ALGÚN EXAMEN MÉDICO QUE DEMUESTRE QUE HE ESTADO EXPUESTO A LA RADIACIÓN IONIZANTE?

No hay ningún examen médico preciso y fácil de llevar a cabo para determinar si usted ha estado expuesto a dosis bajas de radiación ionizante, pero hay exámenes para determinar si usted ha estado expuesto a un material radioactivo.

Pruebas para Determinar Exposición Reciente a la Radiación Ionizante. Para que se manifiesten señales y síntomas de exposición a radiación es necesario exponerse a dosis muy altas. En ausencia de señales y síntomas de exposición, hay dos tipos de pruebas que usan los científicos para averiguar si usted ha estado expuesto a dosis excesivas de radiación ionizante: evaluación de alteraciones del número de células de la sangre y evaluación de alteraciones de los cromosomas. La exposición a no más de 10 rad (0.1 Gy) de radiación ionizante no produce alteraciones significativas del número de células de la sangre. El método más sensible para medir exposición a radiación es un estudio de sus cromosomas. Este es un examen especial usado para detectar exposición a dosis más bajas que las que producen síntomas obvios. Este examen puede ser útil para



RESUMEN DE SALUD PÚBLICA

Radiación Ionizante

División de la Toxicología

Septiembre 1999

determinar exposiciones a dosis tres o más veces más altas que el máximo anual permisible para personas que trabajan con radiación. Las dosis de radiación a este nivel o sobre este nivel pueden determinarse con el uso de estos dos métodos especiales.

Pruebas para Determinar Material Radioactivo Dentro del Cuerpo. Los científicos también pueden examinar la sangre, las heces, la saliva, la orina y aun el cuerpo entero para determinar si su cuerpo está excretando material radioactivo. Hay diferentes tipos de exámenes para los diferentes tipos de materiales radioactivos. Hay varios tipos de instrumentos disponibles para detectar cada tipo de radiación. Estos instrumentos no están disponibles en el consultorio de su doctor. Generalmente son pesados y de gran tamaño y se encuentran solamente en laboratorios especiales. El equipo generalmente consiste de un “detector,” cables eléctricos y de un “procesador.” El detector contiene material sensible a uno o más tipos de radiación, de manera que el detector se selecciona basado en el tipo de radiación que se desea medir. La radiación alfa, beta y gama poseen diferente energía que depende del isótopo radioactivo del que se originan. La determinación del tipo y la energía de la radiación le permite a los científicos determinar el tipo de radioisótopo presente en su piel o dentro de su cuerpo.

1.9 ¿QUÉ RECOMENDACIONES HA HECHO EL GOBIERNO FEDERAL PARA PROTEGER LA SALUD PÚBLICA?

Las recomendaciones y los reglamentos son actualizados periódicamente a medida que se dispone de información adicional. Para obtener la información más reciente, consulte a la organización o agencia federal que la otorga.

La exposición a niveles muy altos de radiación ionizante afectan adversamente a la salud, pero no así los niveles diarios normales. Como precaución, los científicos y las agencias regulatorias suponen que cualquier dosis de radiación, no importa cuan pequeña, puede ser perjudicial. Debido a que la radiación ionizante potencialmente puede producir efectos adversos en personas expuestas a niveles muy altos, las agencias internacionales, nacionales y estatales han establecido reglamentos y recomendaciones para regular la exposición. La filosofía básica para evitar riesgos de exposición a la radiación es permitir solamente un riesgo razonable usando el concepto de “tan bajo como sea razonablemente realizable.” Los siguientes son algunos reglamentos y recomendaciones para la radiación ionizante:

Los reglamentos federales y estatales actuales limitan la radiación a la que pueden exponerse los trabajadores a 0.05 Sv/año (5 rem/año). El límite de exposición para el feto de una mujer que trabaja con radiación es 0.005 Sv (0.5 rem) por período de embarazo de 9 meses. Para la población general, el límite es 0.001 Sv/año (0.1 rem/año), con un límite condicional de 0.005 Sv/año (0.5 rem/año) bajo circunstancias especiales. Para darle al público un margen de seguridad adicional, la dosis límite para el público se ha establecido a un nivel por lo menos 10 veces más bajo que el límite ocupacional. Un factor de 10 se usa también para proteger al público en otras industrias.

DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS de los EE.UU., Servicio de Salud Pública
Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades



RESUMEN DE SALUD PÚBLICA

Radiación Ionizante

División de la Toxicología

Septiembre 1999

La Comisión Internacional para Protección Radiológica (ICRP) y el Consejo Nacional de Protección y Medición de Radiación (NCRP) recomiendan normas para proteger a personas que trabajan con radiación y a la población general de la exposición a la radiación. Estas normas no constituyen reglamentos, pero establecen la base científica para la promulgación de reglamentos por parte de las agencias federales. La ICRP y el NCRP son cuerpos con la autoridad para analizar datos científicos y epidemiológicos actuales y hacer recomendaciones a organizaciones gubernamentales y privadas que establecen normas. Ni la ICRP ni el NCRP promulgan normas.

Las agencias federales como por ejemplo la EPA, la Comisión de Reglamentación Nuclear (NRC) y el Departamento de Energía (DOE), como también los estados, son responsables de la promulgación de reglamentos federales y estatales en relación a exposición a radiación ionizante. La NRC reglamenta las operaciones de plantas de energía nuclear y el uso de material radioactivo en investigación y uso clínico. El DOE, ha establecido límites de exposición para empleados de estas facilidades.

La EPA es responsable de la promulgación e implementación de estatutos específicos como por ejemplo la Ley de Agua Potable Pura y la Ley de Aire Puro. Por supuesto, la radiación natural no puede reglamentarse, pero la EPA recomienda que la concentración de radón en el interior de viviendas no exceda 4 picocuries por litro de aire (4 pCi/L). Las Normas Federales para Emisión de Contaminantes Atmosféricos Peligrosos de la EPA contienen reglamentos que limitan la dosis de radionucleidos que pueden liberarse al aire a 0.1 mSv/año (10 mrem/año). La EPA establece límites para la concentración máxima de radionucleidos que se permite en suministros de agua potable. Basado en la Ley de Agua Potable Pura, la EPA ha establecido una dosis límite de 0.04 mSv/año (4 mrem/año) para fuentes manufacturadas que emiten radiación beta y gama. La EPA también ha establecido límites para varios emisores de radiación alfa en agua potable tales como radio y radón.

Los reglamentos de la NRC se aplican a todos los tipos de radiación ionizante emitidos desde material radioactivo especial (tal como un reactor nuclear) y desde material secundario (materiales hechos radioactivos durante el uso de material radioactivo especial) y desde fuentes de materiales (material del que se fabrica el combustible nuclear). La NRC establece límites para la dosis total de radiación ionizante por sobre la dosis natural. También limita las cantidades y concentraciones de material radioactivo que emitirán estas dosis si entran al cuerpo. Estas se conocen como Límite de Ingestión Anual (ALI) y concentraciones derivadas del aire (DAC).

La NRC también ha promulgado normas para la limpieza de sitios contaminados con materiales radioactivos. La norma requiere que la radiación a la que se expone el público proveniente de estos sitios no exceda 0.25 mSv al año (25 mrem al año).

La dosis de radiación generada por procedimientos usados por doctores para diagnosticar o tratar enfermedades no está sometidas a reglamentos. Sin embargo, los doctores y tecnólogos médicos deben haber recibido adiestramiento y licencia para usar aparatos que producen radiación y licencia para usar radioisótopos para estos propósitos. Estos profesionales deben limitar las exposiciones del público que se encuentra dentro de estas

DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS de los EE.UU., Servicio de Salud Pública
Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades



RESUMEN DE SALUD PÚBLICA

Radiación Ionizante

División de la Toxicología

Septiembre 1999

facilidades a 100 mrem al año, el mismo nivel que requiere la NRC. Además, los pacientes con materiales radioactivos dentro de sus cuerpos deben mantenerse en la facilidad hasta que sea improbable que expongan a personas alrededor de ellos a más de 0.5 mSv (500 mrem).

Los estados también regulan a los materiales radioactivos y a otras fuentes de radiación que no son reguladas por la NRC. Estas incluyen a fuentes de radioactividad natural (por ejemplo el elemento radio), máquinas que producen radiación (por ejemplo máquinas de rayos X) y material radioactivo producido por aceleradores de partículas.

1.10 ¿DÓNDE PUEDO OBTENER MÁS INFORMACIÓN?

Si usted tiene preguntas o preocupaciones adicionales, por favor contacte al departamento de salud y calidad ambiental de su comunidad o estado, a la Comisión de Reglamentación Nuclear de su región o a la ATSDR a la dirección y número de teléfono que aparecen más abajo.

La ATSDR también puede indicarle la ubicación de clínicas de salud ocupacional y ambiental. Estas clínicas se especializan en la identificación, evaluación y el tratamiento de enfermedades causadas por la exposición a sustancias peligrosas.

Las Reseñas Toxicológicas también están disponibles (en inglés) en la Red en www.atsdr.cdc.gov y en CD-ROM. Usted puede solicitar una copia del CD-ROM que contiene las Reseñas Toxicológicas de la ATSDR llamando libre de carga al número de información y asistencia técnica al 1-888-42ATSDR (1-888-422-8737), a través de correo electrónico al atsdric@cdc.gov o escribiendo a:

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades
División de Toxicología
1600 Clifton Road NE, Mailstop F-32
Atlanta, GA 30333
Facsímil: 1-770-488-4178
Dirección vía WWW: <http://www.atsdr/cdc.gov/es> en español

Las organizaciones con fin de lucro pueden solicitar una copia de las reseñas toxicológicas finalizadas a:

National Technical Information Service (NTIS)
5285 Port Royal Road
Springfield, VA 22161
Teléfono: 1-800-553-6847 ó 1-703-605-6000
Dirección vía WWW: <http://www.ntis.gov/>

DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS de los EE.UU., Servicio de Salud Pública
Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades

www.atsdr.cdc.gov/es Teléfono: 1-888-422-8737 Facsímil: 770-488-4178 Correo Electrónico: atsdric@cdc.gov