

English in  
Yale Journal of Biology and Medicine 31 (4):  
231-246, Feb. 1959

## LAS RADIACIONES Y EL FUNCIONARIO DE SALUD PÚBLICA\*

DR. ABEL WOLMAN

*Profesor de Ingeniería Sanitaria, Escuela de Higiene y Salud Pública, The Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland, Estados Unidos*

Hace ciento diez años, Edwin Chadwick comenzó a prestar servicios en la Junta General de Sanidad de Inglaterra. La creación de esta entidad fue el paso sociosanitario más importante que se dió a principios del siglo XIX. Así como Chadwick señaló entonces el camino a seguir, el profesor Winslow encendió de nuevo la antorcha orientadora en el siglo XX, en que los problemas de salud pública están más entrelazados aún con la estructura de la sociedad.

Es natural que todo el que aprecie la profundidad y amplitud de la visión de Winslow elija como tema de esta disertación un sector de la actividad sanitaria adecuado a esa visión. El propio Winslow hubiera podido elegir el tema de hoy para su ferviente apostolado, con el que tanto se anticipaba a la labor de los funcionarios de salud pública. Winslow se habría percatado de los efectos de las radiaciones sobre la sociedad y de las muchas oportunidades que hay en esta esfera para la prevención de las enfermedades. Una de las características de Winslow fue siempre el afán de penetrar en nuevos campos, por lo que, sin duda, hubiera aceptado este tema. Mi tesis rinde tributo a su nombre, a la vez que esta conferencia me da la oportunidad de adherirme al homenaje permanente a un gran maestro.

El Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas señaló en 1958 que "los seres vivientes han estado expuestos siempre a las radiaciones ionizantes de varias fuentes naturales" (1). Tal vez parezca extraño, pues, que se haya despertado ahora este interés general por la irradiación

como posible causa de enfermedades de creciente importancia. El descubrimiento de los rayos X, en 1895, y de la radiactividad de las sales de uranio, en 1896, había demostrado ya la constante necesidad de mantener un equilibrio entre las ventajas de los descubrimientos científicos y los riesgos inherentes a su aplicación. No ha habido casi ningún adelanto científico o técnico que haya producido resultados enteramente benéficos sin plantear el problema de controlar sus efectos adversos.

Nunca se dará demasiada importancia a las ventajas primordiales que representa para la sociedad la creciente aplicación de los rayos X en la medicina y en la industria. Sus contribuciones al diagnóstico, a la terapéutica y a la investigación se destacan muy brillantemente en la historia de la ciencia. Sin embargo, su utilidad creó la necesidad de que entidades oficiales o privadas se encargaran de trazar los límites de radiación a que podía exponerse el individuo, para reducir sus riesgos a un mínimo.

A estos adelantos del siglo XX ha venido a sumarse ahora la enorme producción de radiactividad provocada por el hombre, sin precedentes en toda la historia. El descubrimiento de la fisión nuclear en 1939 y las aplicaciones que rápidamente se hicieron de ella, han dado nuevo relieve a la significación de las radiaciones como fuente de enfermedad. Prescindiendo totalmente de las consecuencias bélicas de la fisión nuclear, el uso de la energía atómica en tiempo de paz y la perspectiva de aplicaciones similares del proceso contrario, la fusión, han concentrado de nuevo la atención en los riesgos de las radiaciones y en su patogenicidad potencial. Desde luego, hoy se da un relieve sensacional a la contaminación del ambiente por las explosiones de armas nucleares; sin

\* Conferencia "C. E. A. Winslow", pronunciada en Yale University, noviembre 20, 1958. Publicada en inglés en *The Yale Journal of Biology & Medicine*, Vol. 31, No. 4, febrero de 1959.

embargo, el criterio general, confirmado recientemente por el Comité Científico de las Naciones Unidas, es que, al ritmo actual de estas explosiones, esta contaminación es superada ampliamente por la que deriva de la radiactividad natural, por los riesgos de la eliminación de desechos radiactivos procedentes de los reactores nucleares, por posibles accidentes en los reactores y por el creciente uso de rayos X y de radioisótopos para fines médicos e industriales.

Las radiaciones a que están expuestos los seres humanos, por fuentes naturales y artificiales, son de naturaleza física análoga y, en general, de efectos biológicos similares. Por desgracia, lo que se sabe sobre los efectos biológicos de las radiaciones es muy inferior al conocimiento de sus propiedades físicas. Es mucho lo que falta por poner en claro en cuanto a los aspectos generales de sus consecuencias biológicas y al detalle de la relación cuantitativa entre éstas y las dosis de radiación.

Por el momento no se sabe curar los efectos de la irradiación del hombre. Tal vez llegue el día en que se encuentre un tratamiento de la enfermedad de las radiaciones o de los efectos de las radiaciones en general, pero hasta ese momento, tanto los efectos somáticos como los genéticos, sólo son susceptibles de medidas preventivas. Por consiguiente, éste es singularmente un problema supeditado a los métodos generalmente usados en el campo de la medicina preventiva y de la salud pública. A menos que los efectos biológicos se eviten basándose en medidas reglamentarias cada vez más eficaces y hasta quizás rígidas, es probable que se produzcan casos de lesiones de origen radiactivo importantes.

Debe decirse, en honor de la industria de la energía atómica de Estados Unidos, Inglaterra, Francia y otros países europeos, que las deficiencias experimentadas hasta ahora durante la rápida expansión de la industria de la energía atómica, no han causado efectos graves a los obreros que en ella trabajan ni a la población en general. Sin embargo, la experiencia revela la necesidad de contar

con una supervisión sumamente experta y de ampliar rápidamente el control al diseño, construcción y funcionamiento de este tipo de plantas industriales.

#### EL PROBLEMA PLANTEADO POR LAS RADIACIONES

Para comprender en cierto grado el problema que se plantea y seguirá planteándose a la industria, es preciso partir de algunos conceptos físicos fundamentales. Las radiaciones comprenden los rayos X, los neutrones, protones, rayos cósmicos y los rayos alfa, beta y gamma emitidos por los materiales radiactivos en general. La transferencia de energía de todas estas clases de radiaciones es de análoga naturaleza y todas ellas producen efectos biológicos. En cada caso, la energía absorbida por los tejidos, determina la índole y la cuantía del efecto biológico.

La duración de la acción de los radioisótopos es variable, según el elemento de que se trate, yendo desde muy cortos hasta extremadamente largos períodos de tiempo. La expresión cuantitativa corriente de esas variaciones, a saber el "período de semidesintegración" o de "media-vida" de los isótopos radiactivos, oscila entre miles de millones de años (uranio 238) y una pequeñísima fracción de segundo (radio C').

Los efectos biológicos de la exposición a las radiaciones ionizantes difieren en sus características esenciales de casi todos los demás fenómenos biológicos de que hasta ahora nos hemos ocupado. Parece existir algún paralelismo entre el proceso de envejecimiento del hombre y los efectos biológicos de las radiaciones. En realidad, el proceso de envejecimiento pudiera parangonarse con algunas de las principales consecuencias de la irradiación. Sin embargo, prescindiendo de esta analogía, a la complejidad de los efectos biológicos no se le encuentra fácil equivalencia en la mayor parte de las enfermedades prevenibles con que está familiarizado el funcionario de salud pública. La clase de radiación, su energía, la magnitud de la dosis, su distribución en el tiempo y con respecto al cuerpo o a partes de éste y

su origen, todo ello influye en el resultado. Asimismo, hay una serie de factores biológicos que afectan la sensibilidad de un tejido a la radiación.

Si nos fijamos en los efectos genéticos, surgen fenómenos aún más complicados, que dificultan en extremo la naturaleza de las medidas de control necesarias.

En la actualidad, la población del mundo está expuesta a la contaminación que la naturaleza y el hombre han motivado en el ambiente. Las opiniones del Comité Científico de las Naciones Unidas, de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos y del Consejo Británico de Investigaciones Médicas coinciden bastante en cuanto a la cantidad relativa de exposición a cada una de estas categorías.

Lo que más nos preocupa hoy son las fuentes creadas por el hombre, entre las que figuran: a) las aplicaciones médicas de rayos X y de materiales radiactivos, b) las aplicaciones industriales y para fines de investigación, de los rayos X y de los materiales radiactivos, y c) otras fuentes, tales como esferas luminosas de relojes, receptores de televisión, y fluoroscopios para prueba de zapatos.

Sin embargo, entre estas fuentes artificiales, más importantes en cuanto al grado de contaminación radiactiva ambiental, son otras no incluidas en la anterior enumeración, principalmente las explosiones nucleares, los desechos radiactivos y los accidentes en que se produzca dispersión de radiactividad. Las dosis de radiación de las dos últimas fuentes son escasas todavía, pero pueden llegar a tener importancia en el futuro.

En general, no deja de ser cierta la conclusión de que todas las medidas que se adopten para reducir al mínimo la irradiación innecesaria de la población humana, resultarán muy provechosas para la salud del hombre. Para poner en práctica este principio es indispensable evitar la exposición en los procedimientos seguidos para el uso no bélico de la energía nuclear, tanto si es con fines médicos o industriales, como de otra

naturaleza. Este principio se basa en la suposición de que aun las más pequeñas cantidades de radiación pueden causar efectos deletéreos de orden genético y acaso también somático. Por consiguiente, el problema de reglamentación que se nos plantea es uno de los más complicados, por la sola razón de que, con frecuencia, tanto los efectos somáticos como los genéticos de las radiaciones tardan mucho tiempo en manifestarse. De ahí que la lógica imponga que las irradiaciones se limiten al mínimo compatible con otros valores positivos para el hombre. Las irradiaciones permisibles pueden modificarse a medida que, con el progreso de la evaluación científica, se pueda proceder con garantía a un nuevo cálculo del balance de estos valores.

El problema ha alcanzado ya proporciones importantes en Estados Unidos, como lo pueden ilustrar varias manifestaciones del progreso alcanzado en el campo de la fisión nuclear. En el período comprendido entre agosto de 1946 y 31 de diciembre de 1957, se transportaron en este país más de 104.000 remesas de isótopos radiactivos, con una actividad total de 385.826 curies. En los primeros seis meses de 1958, se hicieron 6.278 envíos más, con una actividad de 70.359 curies. Tales envíos aumentan con gran rapidez. Algunos de estos radioisótopos son de larga media-vida y de considerable significación para los trabajadores de salud pública. Por ejemplo, hasta la fecha, casi 400.000 curies de cobalto 60 se destinaron a uso general en Estados Unidos, y la cantidad de cesio 137 sube vertiginosamente.

El número de reactores nucleares construidos, en construcción o en proyecto en Estados Unidos, al 30 de junio de 1958, era de 318, de los cuales funcionan ya 138 y se están construyendo otros 109. Entre ellos figuran reactores de alta y de baja temperatura e instalaciones críticas de montaje. Todos ellos plantean problemas de selección de lugar, control de desechos (líquidos, gaseosos y sólidos) y precauciones contra accidentes.

Las posibilidades de las aplicaciones indus-

triales, médicas y de investigación en general, son tales que el uso de las radiaciones se seguirá expandiendo con gran rapidez. Cada paso adelante que se dé aumentará la responsabilidad del funcionario de salud pública. Desde la extracción inicial de minerales radiactivos hasta el uso final de radioisótopos, rayos X y otras fuentes de radiación, en todas las etapas de evolución de esta industria, se encuentran materiales que implican riesgos.

Algunos ejemplos de la naturaleza de estos problemas pueden ser útiles. En modo alguno abarcan toda la amplitud del problema, sino que se han elegido para ilustrar la clase de dificultad con que se enfrentan, y cada vez se enfrentarán más, las entidades administrativas.

#### EJEMPLOS DE FUENTES DE RADIACIONES

##### *Radiología diagnóstica*

Las pruebas hasta ahora acumuladas sugieren que el daño genético a los seres humanos causado por exposición a la radiación ionizante, es mayor de lo que antes se suponía. Teniendo en cuenta que, desde hace casi medio siglo, el uso prudente de la radiología diagnóstica ha venido siendo uno de los más poderosos instrumentos médicos, en la actualidad se concede gran importancia a la irradiación efectiva que se recibe y a sus consecuencias genéticas. Por lo que respecta a la primera, son cada vez más numerosos los estudios detallados de que se informa en las publicaciones médicas, y en ellos se ofrecen pruebas de la naturaleza y cuantía de la irradiación en radiología diagnóstica. Las consecuencias genéticas son objeto de un examen igualmente minucioso, aunque, desde luego, sus hallazgos de detalle y de conjunto son a plazo mucho más largo.

Las investigaciones y la indagación de los métodos seguidos recomiendan ya una amplia e importante modificación de la práctica radiológica actual. El Servicio de Salud Pública de Estados Unidos, seguido por numerosos Estados de la Unión, ha enmen-

dado ya la práctica seguida en el descubrimiento de casos de tuberculosis por medio de rayos X. Las nuevas orientaciones han dado lugar también a cambios en las normas y prácticas relativas al uso de los rayos X durante el embarazo. En la práctica general de los hospitales se ha sometido a un significativo control el uso, antes indiscriminado, del fluoroscopio.

En los hospitales más adelantados se ha puesto en vigor una supervisión minuciosa del uso, tanto diagnóstico como terapéutico, de los radioisótopos. En todo el país han aparecido unidades de control administrativo algo más complicadas, y se aplican ya programas de reglamentación con asombrosa profusión de detalles.

Todas estas medidas parten del supuesto fundamental de que el uso de las radiaciones, en una u otra forma, constituye una técnica fundamental que rinde valiosos frutos a la sociedad. Todos los estudios hechos han revelado oportunidades para una aplicación más inteligente de dichas técnicas fundamentales, reduciendo al mismo tiempo sensiblemente el impacto adverso de las radiaciones en el hombre. A la par de estas modificaciones de procedimiento, se han introducido inspecciones sistemáticas de todo el equipo para reducir al mínimo la irradiación, no sólo en lo que afecta a la población general, sino también a las personas que manejan los instrumentos.

Chamberlain (2) ha resumido recientemente la situación en los términos siguientes: "La actual exposición a las radiaciones, para fines médicos y dentales, puede reducirse apreciablemente mediante técnicas y métodos ya existentes. Tales técnicas y métodos son asequibles económicamente y, en gran parte, sólo requieren interés, instrucción, uso de una información bien fundada e instrumentos." La significación cuantitativa de esa conclusión adquiere mayor importancia teniendo en cuenta que en Estados Unidos hay en uso más de 130.000 aparatos de rayos Roentgen; la mitad pertenecen a dentistas y hospitales, y la otra mitad a médicos, osteópatas, quiropodistas y quiro-

practores. Las ventajas que pueden obtenerse del uso prudente de tal equipo, no deben anularse con la irradiación indebida, ya que ésta constituye un peligro tanto para la población general como para los que manejan el equipo. En este campo de actividad, como en tantos otros del progreso técnico, toda la historia del control ejercido hasta ahora indica que, no sólo estamos ante una nueva fuente de beneficios, sino que podemos aprovecharla plenamente.

### *Accidentes*

Los riesgos que pueden surgir del funcionamiento de reactores nucleares son muy grandes. La posibilidad de daños por explosiones en reactores nucleares, es pequeña, pero el escape accidental de productos de fisión acumulados con el funcionamiento de los reactores, puede causar extensos daños y destrucción. Sobre estos posibles riesgos se han hecho numerosos estudios; todos ellos son objeto de cuidadoso examen en el informe de la Comisión de Energía Atómica. Son problemas sumamente complicados, pero hasta ahora todo ha marchado por buen camino.

Sin embargo, es concebible y conviene tener presente la posibilidad de que, como consecuencia de una combinación adversa de circunstancias, un accidente en una planta de energía de 400 a 500 megavatios provoque una irradiación fatal para tres o cuatro mil personas y cause lesiones a cientos de miles, así como daños por contaminación en un radio de miles de kilómetros cuadrados.

Por consiguiente, es esencial que se adopten medidas de precaución y salvaguardia para evitar que se produzcan peligrosos escapes de productos de fisión, incluso en las plantas menores, donde los riesgos son considerablemente menos importantes.

Estos factores relativos a la seguridad, requieren una aplicación al máximo de los conocimientos técnicos, que se observen estrictamente los objetivos previstos y se fiscalicen, con no menos rigor, las prácticas de trabajo. Todo ello requiere, a su vez, una selección meditada de localización de las

plantas, a fin de que se reduzcan a un mínimo absoluto las consecuencias de los accidentes por remotos o improbables que sean. En todos los casos debe tenerse una seguridad razonable de que, en la ubicación propuesta, la instalación puede construirse y funcionar sin indebidos riesgos para la salud y seguridad del público. Si el funcionamiento normal se atiene a estos criterios, la radiactividad que rebasa el perímetro de la planta, tiene que permanecer por debajo del nivel máximo permisible de irradiaciones continuas. En caso de accidentes, aun de los peores imaginables, y con las condiciones de dispersión más desfavorables, las dosis más allá de los límites de la instalación serían asimismo inferiores a las dosis de emergencia permisibles (una vez en la vida).

El sitio y diseño del reactor deben considerarse, no sólo desde el punto de vista del proyectista y del operador, sino también de los encargados de velar por la salud y seguridad de la colectividad. Los accidentes de Windscale, Inglaterra, de Canadá y de Estados Unidos, aunque por fortuna tuvieron consecuencias mínimas para la salud pública, deben hacernos recordar que las medidas de índole sanitaria serán siempre necesarias en el futuro. ¿Habrà que renunciar a usar la tierra arable que haya sido contaminada por un accidente nuclear? ¿Habrà que destruir la leche contaminada? ¿Habrà que evacuar la población? ¿Podrán llevarse al mercado las hortalizas contaminadas?

La mera observancia de niveles permisibles máximos de concentración de diversos radioisótopos en el aire, en el agua o la tierra, no ofrece una base completa que sirva de guía a la conducta de la administración. En cada caso, tales límites permisibles tendrán que determinarse por decisión administrativa teniendo en cuenta tanto el alcance de las restricciones, como los efectos biológicos sobre la población humana. Las decisiones administrativas de esta índole serán complejas y engorrosas. Es casi axiomático que resultan inevitables. Hay bastantes motivos para suponer que se les hará frente siguiendo las prácticas administrativas normales.

El récord de seguridad del funcionamiento de reactores en Estados Unidos es excelente, gracias a una rígida dirección y a las precauciones adoptadas. En esta industria, como en otras, han ocurrido y ocurrirán accidentes, lo cual da mayor realce aún al hecho de que la práctica administrativa deberá pertrecharse para tales ocasiones, en particular teniendo en cuenta que los accidentes hasta la fecha registrados se debieron a faltas del personal o a defectos mecánicos.

### *Productos de desecho*

La industria de la fisión nuclear, como cualquier otro proceso industrial, tendrá que luchar con el inconveniente de la acumulación de productos de desecho gaseosos, líquidos y sólidos. La naturaleza y cantidad de tales desechos varían según la clase de tratamientos y reactores usados. La intensidad de la radiación inherente a cada una de estas fuentes es sumamente variable. Las mezclas son complejas, no sólo por lo que se refiere a su radiactividad, sino con respecto a sus características físicas y químicas.

El tratamiento, manipulación y eliminación de estos desechos es caro y presenta dificultades de orden técnico. Exceptuando aquellos desechos cuyos componentes radiactivos son de escasa monta, virtualmente ninguno de los desechos de alta actividad procedentes de estas industrias se descarga en la naturaleza, ni siquiera después de varios grados de tratamiento. Por desgracia, se puede decir que el hombre no ha construido ningún equipo capaz de destruir la radiación. Lo único que cabe es que el proceso natural de desintegración la debilite. De ahí que se utilicen tanques para el almacenaje de tales materiales por períodos de hasta un cuarto de siglo. Pero este método, que es caro, en realidad no resuelve el problema. El secreto de la seguridad estriba en una buena administración, basada en las siguientes normas: mantener al mínimo la cantidad de desechos, tenerlos siempre aislados, y conservarlos aparte y distintamente para su identificación y vigilancia.

Los procedimientos corrientes de la indus-

tria química se aplican en este campo con resultados que sólo pueden calificarse de razonablemente satisfactorios. Para reducir, concentrar y permitir la manipulación del acopio de estos materiales radiactivos, se han empleado métodos de precipitación, filtración, cambio de iones y destilación, así como procesos biológicos. Cuando tales materiales se descargan en la naturaleza, las disposiciones sobre las concentraciones permitidas imponen un elevado factor de seguridad.

La necesidad de velar por la pureza del aire que respiramos, del agua que bebemos y de los alimentos, hace que el control de las citadas fuentes de contaminación constituya uno de los grandes problemas que habrá que resolver en el futuro. En toda la historia de nuestra industria los desechos radiactivos son los únicos que no pueden descargarse en la naturaleza y para los que no hay otra solución más segura que la de que su efecto se debilite con el tiempo. Aun la ubicación para la descarga y depósito de estos materiales constituye un tema de interés y preocupación para la sociedad. La decisión sobre este y muchos otros aspectos de esta industria en desarrollo no puede confiarse exclusivamente al productor.

### *Transporte*

Muchas sustancias sólidas, líquidas y gaseosas de radiactividad sumamente diversa se transportan ahora a través de grandes zonas de Estados Unidos. Sus riesgos van desde las esferas de instrumentos pintadas con radio, de muy baja radiactividad, a materiales de alta actividad y larga media vida. Los últimos deben ser embalados y transportados con sumo cuidado para reducir el número y gravedad de los accidentes e impedir que liberen radiaciones o contaminen el ambiente.

La Comisión de Energía Atómica ha prestado minuciosa atención al transporte, con particular referencia a la clase de envase, flete, riesgo para la seguridad, costos, modo de transporte, vehículo y ruta de envío. El acarreo seguro de estos materiales por las

vías de transporte público, desde los sitios de producción a los de consumo, y a los lugares de elaboración o eliminación, plantean muchos problemas de salud pública y de seguridad. Es este un campo que está siendo objeto de minucioso estudio. Hasta ahora, el problema ha sido tratado con habilidad y sin dificultades a la vez. El volumen de los desechos líquidos de alto nivel aumentará de decenio en decenio y llegará a millones de galones en 1980. Por consiguiente, todos los años se intensificará en proporción la complejidad del problema. Los productos de menos importancia radiactiva representan en la actualidad decenas de miles de envíos anualmente. De hecho, la participación de las entidades sanitarias oficiales en la evaluación y control de estas operaciones, es nula.

#### ESTADO ACTUAL

Un resumen provisional del problema nos llevaría a la conclusión de que las fuentes de radiaciones van aumentando rápidamente, de que no se dispone de un método eficaz para evitar los daños que pueden causar a una célula las radiaciones ionizantes, y de que, una vez ocasionados tales daños, no hay tratamiento para ellos. La sociedad sólo tiene un recurso en cuanto a este importante adelanto científico y a su aplicación práctica: impedir y controlar, por todos los medios concebibles, el acceso de las radiaciones a los seres humanos. La prevención de accidentes, a su vez, requiere el máximo grado de vigilancia de todas las fuentes de radiación y una atención permanente para estar al tanto de los nuevos criterios y reglas en materia de funcionamiento y de conducta. La tarea es tan compleja que nos pone ante unas exigencias, hasta ahora totalmente desconocidas en los procedimientos de control sanitario, aunque acabará siguiendo una línea paralela a la de otras tareas más familiares consistentes en interponer barreras entre la causa de la enfermedad y el hombre.

#### REPERCUSIONES ADMINISTRATIVAS

En todo diseñador, constructor y operador debe inculcarse la idea de la precisión del

control, con el fin de tener la seguridad de que los riesgos se han reducido a un mínimo y de que, en caso de accidente inesperado, se aplicarán inteligentemente las precauciones establecidas. Basta con la enumeración de los usos que el mundo moderno ha hecho de las fuentes de radiaciones, para sentirse abrumado ante la tarea de elaborar, sobre bases teóricas y abstractas, una reglamentación adecuada. La historia enseña que el control administrativo se ha formado de modo improvisado y empíricamente en muchos aspectos complejos de la vida moderna. La supervisión es resultado del diario perfeccionamiento de los detalles del control de un problema. Sin que transcurra mucho tiempo, entran en vigor procedimientos reglamentarios y se establecen controles y contracontroles. El personal encargado del funcionamiento realiza sus tareas aplicando habitualmente medidas de precaución, sin pensar siquiera en que tienen tal carácter. La población en general acude a sus ocupaciones diarias normales sin darse cuenta de la fiscalizaciones, restricciones y defensas que un organismo determinado ha ideado y puesto en práctica para su protección.

La aplicación progresiva de las radiaciones ha venido acompañada de un conocimiento, igualmente rápido, de los riesgos y de los medios y prácticas para prevenirlos y controlarlos. Cada vez se comprenden mejor las consecuencias de los accidentes, si bien no se tiene todavía de ellos una experiencia en gran escala. Sólo cuando hayan ocurrido tales accidentes, se apreciará cabalmente la extensión y gravedad de sus consecuencias. Las lecciones que se saquen de tales desastres, pueden anticiparse en teoría, pero sólo la dura realidad las puede dar a conocer en todo su alcance.

Es natural que la función que se le plantea ya al funcionario de salud pública con respecto a las radiaciones lo haga pensar con detenimiento, pero no debe llevarlo a eludir una responsabilidad que le compete primordialmente. En los hospitales, en la industria y campos de la investigación en general, las fuentes de radiación han crecido en propor-

ciones casi astronómicas. En definitiva, todo hospital tendrá que organizar un comité o junta de control radiológico. La supervisión que ejerza tal comité sobre el uso y la práctica será, sin duda, molesta, aunque esencial. Los usos diagnósticos y terapéuticos de las radiaciones son tantos en cada hospital que la vigilancia interna por una entidad competente, no sólo es recomendable para el futuro, sino que ya se ejerce en la actualidad en creciente escala por las instituciones importantes.

Fuera del hospital, un organismo como el departamento de sanidad se encarga de vigilar la eliminación final de los desechos radiactivos procedentes de todas las instituciones médicas. Tales desechos abarcan desde animales muertos irradiados, hasta materiales descargados en la atmósfera y en las cloacas públicas. Los materiales sólidos necesitan, asimismo, ser embalados y colocados en un depósito permanente y seguro, operaciones que han de realizarse bajo supervisión.

En la industria (3) se emplean en la actualidad potentes aparatos de rayos X en lugares abiertos para sacar radiografías de soldaduras en las planchas de los buques en construcción o de grandes estructuras que se levantan o ponen a prueba fuera de los edificios. La lista de otros usos va aumentando; citaremos sólo algunos: fluoroscopios para prueba de calzado, eliminadores de estática en la manufactura textil y similares, isótopos para calibrar espesor, examen de soldaduras mediante cobalto 60 u otras fuentes, medición de los límites de solidificación en fundiciones, potencial resultante de la esterilización de alimentos y drogas, activación de los procesos químicos, usos de materiales radiactivos en agricultura, intentos de pasteurizar por irradiación los productos derivados de la leche, tratamiento de carnes para eliminación de triquina, y tratamiento de cueros para destruir el ántrax.

El uso de reactores de equipo móvil plantea problemas nacionales e internacionales inexplorados y por el momento no resueltos. El reactor para submarinos, buques de superficie, aviones y cohetes espaciales—

consecuencias, todas ellas, que la ciencia moderna plantea inevitablemente—, crea un estado de riesgo potencial. Todos estos dispositivos tienen que diseñarse, construirse y manejarse de suerte que este riesgo quede reducido a un mínimo absoluto, ya sea en el funcionamiento normal o en caso de accidente. El control estatal y nacional habrá de ampliarse para dar paso al control internacional. Ninguna parte del mundo quedará exenta de las necesidades de control a que se refiere este artículo. Ya se han efectuado importantes esfuerzos y gestiones para la participación internacional en el estudio del problema y el control de los efectos.

En el control y reglamentación de las fuentes de radiación, es preciso llegar a un acuerdo internacional sobre el contenido y la extensión de los preceptos que se hayan de implantar. Por fortuna, parece que la mayoría de los individuos y de los organismos sanitarios están dispuestos a aceptar los valores hasta ahora comunicados por el Comité Nacional de Protección contra las Radiaciones. Las deliberaciones del Comité desde la tercera década de este siglo se han granjeado el respeto de los trabajadores científicos. Los niveles máximos permisibles que este organismo y el Comité Internacional de Protección contra las Radiaciones han promulgado constituyen las bases de la mayoría de las normas aplicadas en escala estatal, nacional e internacional. Sin embargo, la mera definición de estos niveles, no debe considerarse como un substitutivo de una valoración administrativa constante. Todo nivel permisible propuesto entraña cierto grado de riesgo. En cada una de las decisiones que adopte, el funcionario de salud pública ha de tener en cuenta tanto el riesgo como las ventajas que pueda obtener la sociedad. De vez en cuando tiene que determinar si el buen criterio de la reglamentación debe atenerse al nivel máximo permisible o rebasarlo. Por ejemplo, ¿hay que proibir el uso de hortalizas o leche si exceden los niveles máximos permisibles actualmente? El funcionario de salud pública no se puede abstener de dar un juicio acerca



de en qué casos y a qué nivel de concentración debe prohibirse la amplia distribución y consumo de ciertos materiales. El papel que ha de desempeñar la prudencia en todas las decisiones de importancia consiste en buscar el mejor asesoramiento posible en este complicado campo, tan lleno de riesgos. Esta práctica de utilizar servicios de asesoramiento es una de las más corrientes y valiosas en toda buena organización.

En este campo, que evoluciona muy rápidamente, corresponde una función a los departamentos de trabajo, comisiones de carreteras, juntas de control económico, departamentos sanitarios y otros organismos. La experiencia del pasado revela que las funciones centrales, en relación con riesgos como los que estamos estudiando, fueron siempre de incumbencia de los departamentos de salud y de trabajo. En el gobierno se han deslindado bastante satisfactoriamente las funciones en relación con los trabajadores de la industria y con el público en general, y los correspondientes servicios han funcionado con éxito.

En realidad, es dudoso que se necesiten nuevos organismos para abarcar la amplia función que hemos descrito. Lo es igualmente que esté indicada la creación de una oficina de coordinación en la mayoría de las operaciones de nuestros organismos estatales. Los menos familiarizados con las actividades de reglamentación en el campo de la salud y de la seguridad industrial, prevén que cada vez habrá más problemas de competencia entre organismos, de diversidad de normas en materia de sanidad y seguridad, y mayor confusión en los reglamentos oficiales. La mayoría de esos temores no encuentran ejemplos que puedan servirles de base en la evaluación de los controles sanitarios y de seguridad, pertenecientes a otros campos que, históricamente afectan a la sociedad. Hay pocas razones para suponer que se produzca tal confusión y competencia entre organismos por lo que respecta a estas actividades. No cabe la menor duda de que la competencia puede evitarse asignando las funciones a los dos organismos de cada

Estado que más se hayan distinguido en el establecimiento de precedentes de prevención contra las enfermedades.

#### NUEVAS FUNCIONES DE SALUD PUBLICA

Los trabajadores de salud pública no podrían dejar de lado por mucho tiempo los problemas aquí examinados, sin sentirse conscientes del abandono de su responsabilidad ante la sociedad. En los diferentes países se ha enfocado de diversas maneras la doble responsabilidad del desarrollo técnico y de la reglamentación de las medidas preventivas de riesgos.

En Estados Unidos, durante los diez primeros años de su existencia, la Comisión de Energía Atómica (CEA) aceptó sin duda tanto la misión de desarrollar la ciencia y el arte de las operaciones de fisión nuclear, como las de velar por la salud y seguridad de los trabajadores y del público en general. A medida que aumentaron tanto el número como la complejidad de los trabajos, esta dualidad de funciones resultó cada vez más insostenible, cuando no realmente desconcertante.

Desde el primer momento, la Comisión, siempre consciente de su alto grado de responsabilidad por la salud y la seguridad, creó un Comité de Examen de todos los reactores que se pretendiera construir. El actual Comité Asesor sobre Salvaguardias de Reactores presta servicios tanto a la Comisión como al Comité Conjunto sobre Energía Atómica, del Congreso de Estados Unidos. En la actualidad, el Comité se halla reconocido como tal por ley del Congreso.

Sin embargo, a medida que los problemas se multiplicaron, la CEA tomó otra medida: la creación de un Servicio de Evaluación de Riesgos, organismo que actúa separadamente de las secciones encargadas de la investigación y desarrollo, y cuyos miembros le consagran todo su tiempo. La División de Biología y Medicina, que funciona en la Comisión desde hace ya mucho tiempo, continúa desempeñando sus funciones de organismo asesor que estimula y patrocina en amplia escala la investigación pertinente.

En este proceso evolutivo operado en las dos últimas décadas, los organismos oficiales de salud pública, tanto federales como estatales, se mantuvieron más bien en la periferia de la actuación que en el puesto que les corresponde en la tarea de establecer criterios de seguridad, elección de sitios, de adoptar resoluciones sobre la eliminación de desechos y de examinar las múltiples decisiones con respecto a reactores móviles—de tierra, mar y aire—, así como las relativas al uso de la tierra y el mar como depósito de materiales radiactivos.

Por fortuna, ese estado de apatía o de renuencia ha cambiado rápidamente. El Servicio de Salud Pública de Estados Unidos ha establecido en fecha reciente una división encargada especialmente de estos problemas, y ha creado una junta especial para asesorar al Cirujano General en el constante estudio de los problemas de la radiación y de la posición que el Servicio debe adoptar a este respecto.

De agosto de 1954 a julio de 1958, ocho Estados de la Unión adoptaron una amplia reglamentación del problema de las radiaciones (California, Connecticut, Massachusetts, Michigan, Nueva York, Nueva Jersey, Pensilvania y Texas). Otros trece Estados exigen ahora el registro de las fuentes de radiaciones peligrosas. Aun son más los que se ocupan de los desechos radiactivos para que su tratamiento y eliminación se hagan de conformidad con lo que se exige sobre los desechos industriales en general. No cabe la menor duda de que no pasará mucho tiempo sin que todos los Estados del país adopten medidas tendientes a que los departamentos de sanidad y trabajo asuman estas funciones.

Hilleboe y Rihm, Jr., (4) han hecho recientemente un resumen sucinto de las razones esenciales en apoyo de las precauciones que en este artículo hemos indicado brevemente. Dice así:

“La fisión y la fusión atómicas, engendro de este fabuloso siglo XX, han alterado radicalmente las condiciones ambientales para toda criatura viviente en la faz de la tierra. Sólo ejerciendo hoy

una acción preventiva y manteniendo una continua vigilancia en el futuro, podremos abrigar la esperanza de evitar los efectos devastadores de la exposición innecesaria a las radiaciones ionizantes.”

En Inglaterra, la evolución del control ha sido análoga, en los principios esenciales, a la de Estados Unidos. Sin embargo, en estos últimos años, la industria se ha convertido, por disposición legislativa, en una entidad casi independiente, con algunas de las características de una empresa privada de propiedad pública. En esta forma, sus actividades están sujetas, por lo menos en teoría, al examen y control de los organismos públicos competentes en materia de sanidad, industria y vivienda y urbanización.

El accidente de Windscale (5, 6) atrajo quizás la atención sobre la insuficiencia de las relaciones de la industria de la energía atómica con los grupos tradicionales de reglamentación y, a su vez, con los usuarios naturales, por ejemplo las empresas de abastecimiento de agua. Donde mejor se expresa el lamentable estado de cosas imperante en la actualidad, es en el Informe Provisional presentado al Comité Ejecutivo de la Asociación Británica de Suministros de Agua por su Subcomité sobre Substancias Radiactivas (7). Citaremos algunos pasajes pertinentes:

“El mecanismo administrativo especial acaso fuera adecuado en los primeros días del desarrollo de la industria de la energía atómica. Pero esos días han pasado ya, y en la actualidad es patente la necesidad de asentar el sistema sobre bases apropiadas y de reconocer a las autoridades encargadas del abastecimiento de agua el derecho a que se las consulte y advierta en todo lo que sea de interés para ellas y pueda afectar sus funciones con respecto a los suministros públicos de agua del país.”

El Informe Fleck (5, 6) sobre el accidente de Windscale revela con sobrada claridad que existen graves deficiencias en el mecanismo destinado a la divulgación de conocimientos y a la consulta y cooperación entre los encargados de la industria de la energía atómica y los que pueden resultar afectados por sus operaciones.

Es conocida la habilidad de los ingleses para resolver los más complicados conflictos que puedan surgir en la práctica administrativa, por lo que cabe prever que no pasará mucho tiempo sin que se proceda a una investigación parlamentaria y se subsanen estas crecientes pruebas de falta de coordinación. Es evidente que esta industria está saliendo de su infancia, tanto en Inglaterra como en Estados Unidos. Al llegar a su madurez, entrará en esa "plenitud" de supervisión a que, desde hace tiempo, está sujeta toda industria con el objeto de proteger al público en general. Esa supervisión tiene que ser hábil y competente, y se ha de reducir al mínimo compatible con la salud y la seguridad.

#### ASPECTOS INTERNACIONALES

En esta era de rápidas comunicaciones, el conocimiento científico tiene alas. Ningún país puede retenerlo durante largo tiempo. Esto es prodigiosamente cierto por lo que respecta a la energía atómica. No hay país en el mundo que no esté convencido de las posibilidades que encierra. Algunos ven en ella su salvación, aunque lo probable es que raras veces llegará a serlo.

Sin embargo, a consecuencia de esas esperanzas, tanto los beneficios como los problemas de la fisión nuclear y de las radiaciones han saltado por encima de las barreras que separan a los países y hoy muestran facetas nacionales e internacionales. A principios de la séptima década de este siglo funcionarán en Europa, sin contar Inglaterra, reactores generadores de energía eléctrica que producirán más de un millón de kilovatios. Al mismo tiempo, en unos cuarenta países del mundo, continuarán su progreso reactores destinados a investigaciones y generación de energía. Los centros de investigación de radioisótopos, las escuelas de adiestramiento de personal profesional y subprofesional y la distribución internacional de fuentes de radiación han prosperado con tal rapidez que resulta poco menos que imposible hacer un balance de los efectos de su actuación.

Los materiales radiactivos circulan por vías internacionales, la elaboración química de combustibles proseguirá en plantas regionales, la eliminación de desechos de bajo nivel emisor llegará a ríos internacionales, los océanos reciben y seguirán recibiendo crecientes cantidades de líquidos y sólidos radiactivos, y aumentará la instalación de reactores en las fronteras de las naciones o en su proximidad. De hecho, todas las autoridades competentes tratan de llegar a una evaluación, comprensión y acuerdo entre las naciones para el tratamiento de este nuevo material, de los métodos con él relacionados y de sus efectos. Por vez primera en la historia, la descarga de desechos radiactivos en los mares se incluyó en la agenda de la Conferencia Internacional de los Mares, que se celebró en Ginebra en 1958.

En esencia, todos se afanan en hallar el modo de vivir con las radiaciones. El criterio que inspira a la mayoría de los participantes en esas deliberaciones, tanto nacionales como internacionales, lo expresó Karl Z. Morgan, de los Laboratorios Nacionales Oak Ridge, con estas palabras: "La radiación no debe temerse, pero sí respetarse." Es indudable que se llegará a acuerdos internacionales apoyados en estos preceptos.

#### RESUMEN

Los últimos veinte años son por hoy el período de la historia en que mayores progresos se han hecho en la comprensión y desarrollo de la fisión y fusión nucleares. Este progreso ha corrido parejas con un empleo, sin precedentes, de las fuentes de radiación para fines biológicos e industriales. Con motivo de estos adelantos, se han hecho progresos simultáneos en la transformación y creación de materiales, métodos de tratamiento y equipo, que de lo contrario no se habrían logrado sino varias décadas después.

Los riesgos resultantes de estos progresos, tienen que contrapesarse con los evidentes y grandes beneficios derivados de las radiaciones. Aunque a veces se exagera la importancia de tales beneficios por entusiastas partidarios de esta labor, nadie puede negar

con justicia el hecho de que la aplicación de las radiaciones producirá grandes ventajas a la sociedad. Es preciso encontrar, y se encontrarán, los modos de hacer compatible este uso con la salud y seguridad del hombre.

La enumeración teórica de las medidas administrativas indispensables a este efecto, pone inevitablemente de relieve la multiplicidad y complejidad de tales esfuerzos. Sin embargo, tiempo ha que la sociedad, improvisando estructuras y técnicas administrativas, hace frente a las dificultades que le plantea su medio ambiente. Si las viéramos expuestas ante nosotros, esas improvisaciones nos abrumarían por su gran número y complejidad. Son fruto pragmático de la necesidad y son útiles. De igual modo, el control del uso de las radiaciones hallará su lugar en la estructura de los organismos tradicionales, que poseen larga experiencia en lo que respecta a asumir nuevas obligaciones, a la vez que van suavizando las antiguas.

Los departamentos de sanidad están ampliando rápidamente el campo de sus funciones a estos sectores (8). Lo hacen así porque los riesgos de las radiaciones son reales, porque la radiación va en aumento y agrava la tensión que recae sobre el cuerpo, y porque tales riesgos pueden controlarse y reducirse, sin perder los crecientes beneficios de la aplicación de esta nueva forma de energía. Preocupa gravemente a la salud pública poner coto a la contaminación ambiental que, con el tiempo, producirán los reactores. Siendo casi imposible eliminar la contaminación radiactiva una vez producida, un gramo de prevención equivale literalmente a una tonelada de curación. La prevención de la enfermedad es la misión dominante del funcionario de salud pública en este sector nuevo, como en el pasado lo fue en otros más conocidos. Nadie debe poner en duda que, una vez se conozca plenamente este problema, se le podrá encontrar solución.

#### REFERENCIAS

- (1) United Nations Scientific Committee: Effects of atomic radiation. Nueva York. General Assembly official records, 13th session 1958, Supp. 17 (A/3838).
- (2) Chamberlain, R. H.: Today's problems in radiation hazards and what is being done to control them, *Am. Jour. Roentgenol.*, 78: 1000-1002, 1957.
- (3) Carling, Sir Ernest Rock: Ionizing radiation and public health. The Harben Lectures, 1955. *Jour. Roy. Inst. Pub. Health*, 19:40-53; 77-87; 88-99, 1956.
- (4) Hilleboe, H. E. y Rihm, A., Jr.: Program planning for radiological health, *Am. Jour. Pub. Health*, 48:965-970, 1958.
- (5) Great Britain CMD 338: Organization of certain parts of the United Kingdom Atomic Energy Authority. Sir Alexander Fleck, Chairman, Londres, H. M. Stationery Office, 1957.
- (6) Great Britain CMD 432: Report of a committee on control of health and safety. Sir Alexander Fleck, Chairman. Londres, H. M. Stationery Office, 1958.
- (7) British Water Works Association: Interim report to the executive committee by the subcommittee on radioactive substances. Radioactive substances, *Brit. Water Works Jour.*, 40:350-366, 1958.
- (8) American Public Health Association, Inc.: *Public exposure to ionizing radiation*. Nueva York, 1958.

#### BIBLIOGRAFIA

- Atomic Energy Commission: Twenty-fourth semi-annual report. 1958.
- Norwood, W. D.: Common sense approach to the problem of genetic hazard due to diagnostic radiology, *Jour. Am. Med. Assn.*, 167:1928-1934, 1958.
- Saddington, K. and Templeton, W. L.: *Disposal of radioactive waste*. Londres, George Newnes Limited, 1958.
- Wilson, W. L.: The treatment, conveyance and disposal of radioactive wastes. In: *The treatment of trade-waste waters and the prevention of river pollution*. P. C. G. Isaac, Ed. King's College, University of Durham, Inglaterra, 1957. Bulletin No. 10, p. 253.