

CONTRATOS PARA LA INVESTIGACION SOBRE LAS RADIACIONES

Conforme a su Estatuto, el OIEA debe desempeñar una doble función: ayudar a los diferentes países a resolver sus problemas particulares, y realizar actividades que interesen a todos sus Estados Miembros. Teniendo presente este último objetivo, el Organismo ha concertado numerosos contratos de investigación con instituciones científicas de diferentes países. A continuación, los hombres de ciencia encargados de su cumplimiento describen el objeto y alcance de dos de esos contratos. El Organismo ha contribuido a esta labor, proporcionando a las instituciones investigadoras los servicios de hombres de ciencia de su propio personal y facilitando instrumentos y recursos financieros

EFFECTOS BIOLÓGICOS DE LAS PEQUEÑAS DOSIS DE RADIACION

por Otto Hug

El Profesor Hug se doctoró en medicina en la Universidad de Berlín. Ocupó los cargos de colaborador científico del Instituto de Biofísica Max Planck de Francfort y de profesor adjunto en la Universidad de Francfort. En 1956 pasó a la Universidad de Ratisbona como profesor de Biología, y actualmente desempeña funciones en la División de Salud, Seguridad y Eliminación de Desechos Radiactivos del OIEA

Para determinar la dosis de radiación máxima admisible en el ejercicio de la profesión o en otras circunstancias, es necesario saber cuáles son los efectos biológicos producidos incluso por pequeñas dosis de radiación. Los conocimientos que se poseen sobre esta esfera particular de la radiobiología son aún escasos; no sabemos qué lesiones puede sufrir a la larga una persona que en el desempeño de su profesión haya estado expuesta durante muchos años a las radiaciones, ni sabemos tampoco si el organismo experimenta agudas reacciones cuando se somete a irradiaciones aisladas de baja intensidad. Es poco probable que una irradiación inferior a 25 roentgen produzca síntomas de radiopatía; sin embargo, sabemos por muchos indicios que incluso dosis más pequeñas pueden producir ciertas reacciones instantáneas que merecen nuestra atención.

Reacciones en el sistema nervioso

En los últimos tiempos, repetidas observaciones han puesto de relieve que el sistema nervioso desempeña un importante papel en estas reacciones instantáneas. Hasta cierto punto, eso está en contradicción con la opinión generalmente sustentada, según la cual el sistema nervioso ofrece gran resistencia a las radiaciones ionizantes. Es más, para que el sistema nervioso sufra daños funcionales o estructurales incurables se requieren dosis de radiación sumamente elevadas. No obstante, muchas observaciones, algunas de ellas muy recientes, indican que los órganos sensoriales y el sistema nervioso de los animales reaccionan rápida y fácilmente ante una dosis relativamente pequeña de radiación. Roentgen averiguó que los rayos por él descubiertos producían una sensación de luz en el ojo humano. Este efecto, al que después se dio el nombre de "fenómeno de Roentgen", ha sido estudiado con todo detalle. Desgraciadamente esta sensación, sobre todo a la luz del día, es tan débil que no puede servirnos de señal de alarma contra las radiaciones. Los animales inferiores parecen tener una sensibilidad mucho mayor a este respecto. Por ejemplo, podemos demostrar que muchos invertebrados tienen movimientos reflejos cuando reciben una dosis sorprendentemente pequeña de radiación. Los caracoles esconden sus cuernos, las almejas cierran sus valvas, y las actinias -esas anémonas y lirios de mar de hermosos colores- repliegan

su corona de tentáculos. Después de algunos segundos de irradiación, los percebes cesan en sus movimientos rítmicos de prensión. De igual manera, las radiaciones pueden alterar el comportamiento de los insectos. Las hormigas dan muestras de viva agitación en cuanto comienza la irradiación y se mueven rápida y desordenadamente, tratando de huir de una zona irradiada para refugiarse en otra protegida. Los científicos americanos han descrito recientemente algunos trastornos observados en el comportamiento de la pulga de mar cuando sufre una irradiación. El análisis cuantitativo de todos estos fenómenos demuestra que se trata de movimientos reflejos, hasta ahora desconocidos, ocasionados por las radiaciones ionizantes.

Por muchas y muy diversas razones podemos inferir que esta reacción ante las radiaciones ionizantes no se ha perdido totalmente a medida que el proceso evolutivo se ha ido completando, y que en el hombre no se circunscribe a la sensibilidad del ojo, que antes hemos mencionado. Los radioterapeutas saben por experiencia que, inmediatamente después de la irradiación local de la región abdominal, pueden sufrirse trastornos en los movimientos intestinales y gástricos normales; por ejemplo, se retrasan las funciones normales de evacuación del estómago. Se supone que aquí interviene el gran simpático.

Hasta hace muy poco no se han descubierto las reacciones instantáneas del sistema nervioso; especialmente en las publicaciones científicas rusas, han aparecido trabajos en los que se describen las diversas fases de hiperexcitabilidad nerviosa que se registran después de la irradiación, así como los cambios de los movimientos reflejos normales y las alteraciones de las corrientes eléctricas del cerebro -que pueden medirse por electroencefalografía-, todos ellos consecuencia de dosis muy pequeñas de radiación.

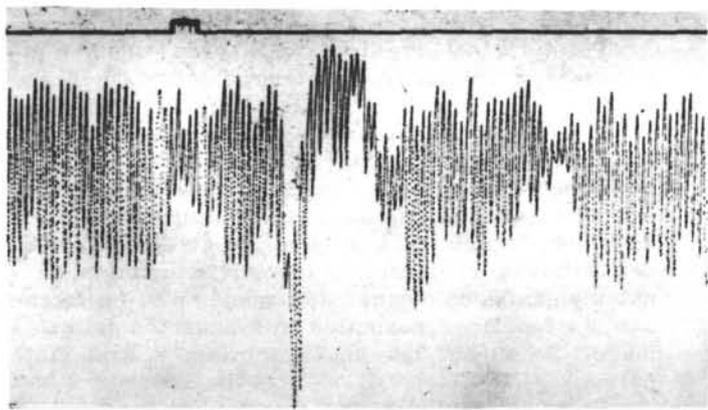
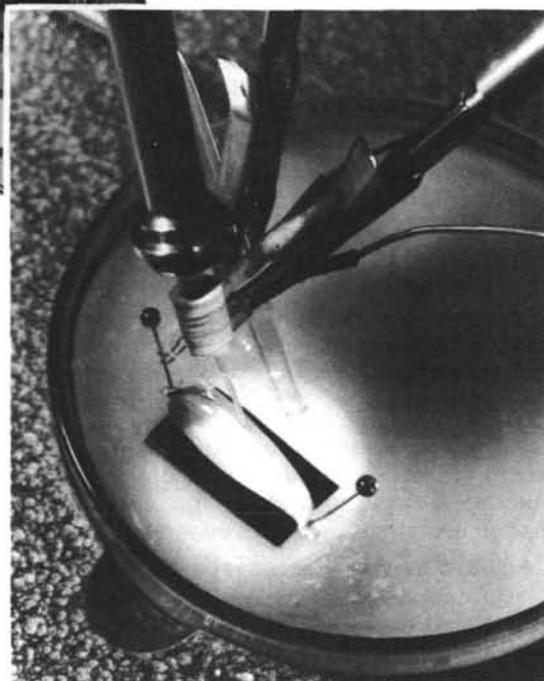
Tales son los hechos científicos que indujeron al OIEA a concertar con el Instituto de Farmacología de la Universidad de Viena un contrato de investigación sobre los efectos de las pequeñas dosis de radiación en las células y, muy en particular, en las neuronas. Se eligió a ese Instituto por reunir excelentes condiciones para ocuparse de este problema,

INVESTIGACIONES REALIZADAS DE VIENA

Izquierda: Dispositivo para medir potenciales eléctricos intracelulares. Bajo el microscopio se coloca una sección de músculo de rana, preparado en una cápsula de Petri. Mediante un micromanipulador especial se insertan los microelectrodos en una sola fibra muscular. Por medio de una pantalla metálica se protege el aparato contra las interferencias eléctricas

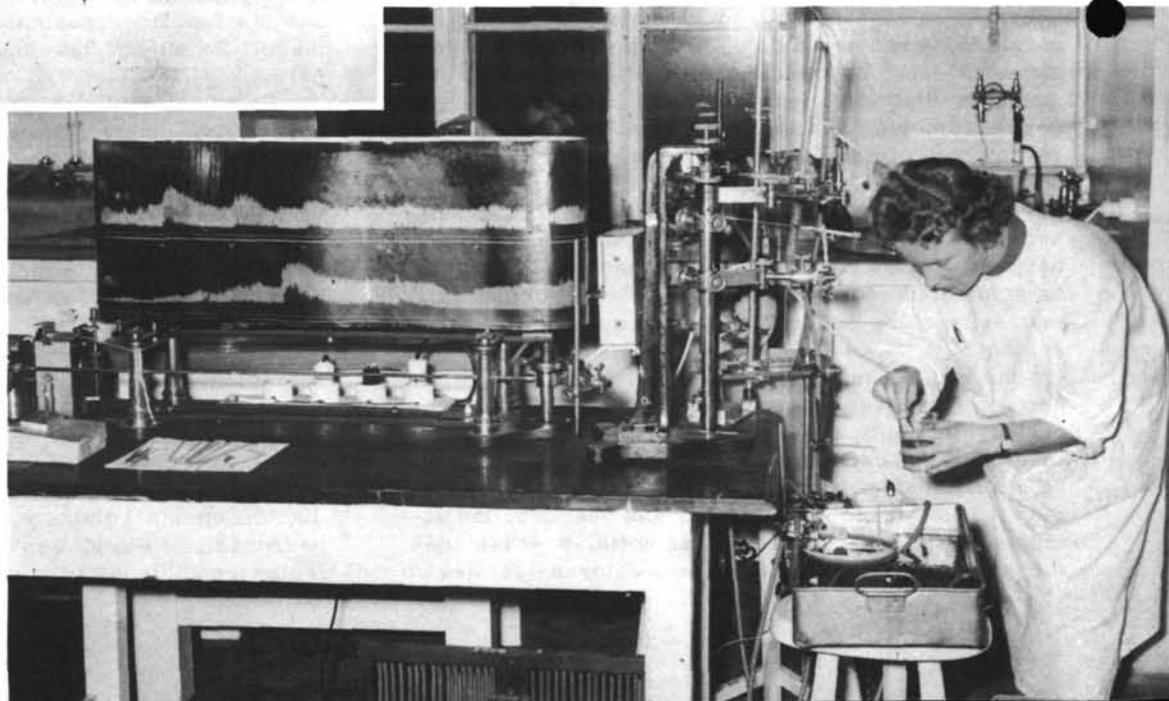


Ampliación de un músculo de rana con los microelectrodos insertados



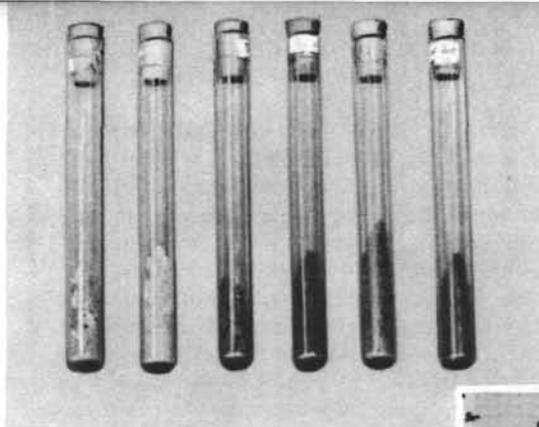
Derecha: Quimógrafo para medir la tensión y la contracción de los intestinos de los conejos. En el baño a temperatura constante se sumerge una sección de intestino, que se conecta mediante un sistema de palancas a una aguja inscriptora que registra las contracciones de la muestra sobre un papel ahumado en movimiento

Arriba: Fragmento de un quimograma en el que aparece registrada una contracción pasajera del intestino, en forma de máximo muy acusado, después de un breve período de irradiación (señalado en la línea base)

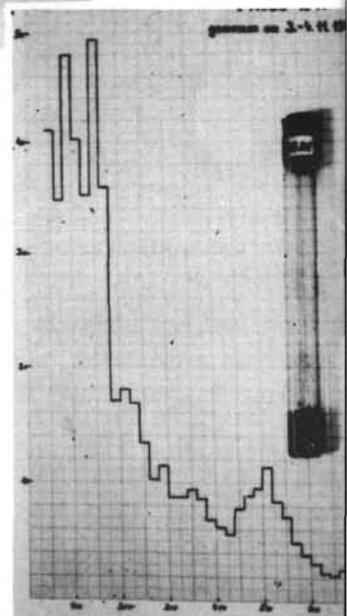


EN LA UNIVERSIDAD POR CUENTA DEL OIEA

Derecha: Muestras recogidas en la biosfera - agua, plantas y suelo - en las que se han concentrado productos de fisión. Debajo: Gráfico en el que se indican las mediciones de la radiactividad efectuadas por gammaespectrometría



Izquierda: Introducción de una muestra en un contador de centelleo de cavidad. Gran parte de las radiaciones emitidas por la muestra incide en el cristal - que en la figura aparece como un anillo blanco dentro del fuerte blindaje de plomo - dando origen a pequeños destellos luminosos. El ritmo con que se producen esos destellos permite calcular la cantidad de sustancia radiactiva contenida en la muestra



Derecha: Instrumento para la medición de radiactividad a muy bajas intensidades. Una cámara automática fotografía las mediciones cada hora



teniendo en cuenta la clase de investigaciones que ya ha llevado a cabo. Su director, el Profesor Franz Brücke, y su colaborador, el Dr. Otto Kraupp, vienen interesándose desde hace mucho tiempo por el funcionamiento del sistema nervioso y por la influencia que en él ejercen determinados productos químicos. En especial, ha sido una coincidencia afortunada el que dicho Instituto haya perfeccionado un método especial para medir las propiedades eléctricas y las funciones de las células. Partiendo de las observaciones mencionadas, cabe suponer que las reacciones instantáneas de las células ante la radiación modifiquen también su carga eléctrica. Por consiguiente, en las investigaciones realizadas por cuenta del OIEA se procederá a medir esa propiedad celular. Se están efectuando experiencias con diversas células de vegetales y animales, desde algas hasta fibras musculares de mamíferos. Como electrodos se emplean tubos capilares de vidrio de media micra de diámetro en la punta, que se llenan de una solución apropiada. Los electrodos se introducen en una célula aislada por medio de un manipulador especial; esta operación se realiza bajo un estereomicroscopio. De esta manera se pueden medir las diferencias de potencial que existen entre el interior de la célula y su medio ambiente. Estas diferencias de potencial que representan un fenómeno vital característico, se mantienen mediante complicados procesos metabólicos y de difusión, que se desarrollan especialmente en las membranas celulares. En una célula en reposo el potencial es casi constante (potencial de reposo). Cuando se producen acciones o estímulos espontáneos, aparecen "puntas" características (potenciales de acción).

Hasta ahora sólo se han podido observar diferencias de potencial exponiendo las células a elevadísimas dosis de radiación. Gracias a las investigaciones del Instituto sabremos si las pequeñas dosis de radiación pueden alterar también el potencial de reposo y el de acción. Para la irradiación se utiliza un aparato de rayos X del tipo que se emplea en terapéutica para la irradiación superficial de la piel.

Otro método para abordar el problema

Simultáneamente, estamos tratando de alcanzar el mismo objetivo con otro método, que consiste en la detección de las reacciones biológicas instantáneas. Mediante un procedimiento especial para determinar la acción de ciertos productos químicos, se están analizando experimentalmente por observación clínica los efectos de las radiaciones en el intestino. Si conservamos un fragmento de intestino de conejo en condiciones lo más parecidas posibles a las fisiológicas, veremos que los músculos de la pared intestinal conservan su tensión durante largo tiempo y sufren contracciones rítmicas que corresponden a los movimientos peristálticos naturales del animal vivo. Tanto la tensión como los movimientos pueden registrarse por medio de un quimógrafo. Con este método hemos descubierto que los rayos X aumentan la tensión del intestino. Ahora nos proponemos encontrar la dosis mínima y los índices de irradiación necesarios para conseguir este efecto, y

analizar cuantitativamente la relación entre dicho efecto y los dos valores mencionados.

En el curso de nuestras investigaciones hemos perfeccionado otro procedimiento muy útil para comprobar los efectos de las pequeñas dosis de radiación. Hemos hecho circular una solución de sangre artificial por los vasos sanguíneos de un anillo intestinal y hemos medido su caudal. Después de varios segundos de irradiación, el caudal de la corriente disminuye y sólo recobra su valor normal cuando cesa la irradiación. Este fenómeno se puede registrar también con un quimógrafo.

Las observaciones que hemos hecho hasta ahora nos inducen a creer que las reacciones instantáneas del intestino de los mamíferos ante la irradiación son movimientos comparables a los reflejos que se rigen por las mismas reglas que las reacciones ante los estímulos mecánicos, químicos, ópticos y eléctricos.

Como suele ocurrir en estos casos, se nos han planteado muchos problemas nuevos que, sobre la base de los resultados alcanzados hasta ahora, será preciso elucidar en el curso de nuestro trabajo: estas reacciones de tan elevada sensibilidad, ¿son causadas por estímulo directo de los nervios o de los receptores situados en la pared intestinal o por sustancias liberadas o producidas como consecuencia de la irradiación a que están sometidas las demás células? ¿Se pueden aislar y analizar estas sustancias? Los efectos instantáneos de las radiaciones, ¿se pueden disminuir o suprimir mediante el empleo de determinadas sustancias, como por ejemplo las que ya son conocidas por sus propiedades radioprotectoras? He aquí una serie de cuestiones cuyo valor no es exclusivamente teórico, sino que influyen directamente en la protección contra las radiaciones.

ASISTENCIA AL BRASIL, PAKISTAN Y TAILANDIA

(Continuación de la página 2)

Bangkok pero las condiciones de trabajo existentes en esta ciudad, así como la situación clínica (por lo que respecta a los tipos de pacientes y de enfermedades), difieren considerablemente de las que reinan en los países en los que los médicos tailandeses han recibido o están recibiendo formación. Por eso se considera que la presencia y el asesoramiento del experto del OIEA tendrá gran importancia como complemento de la formación recibida en el extranjero.

DISTRIBUCION DE LOS PRODUCTOS DE FISION EN LA BIOSFERA

Por Thomas Schönfeld

El Dr. Schönfeld, graduado en la Universidad de Viena, ocupa actualmente el cargo de profesor adjunto en el Primer Instituto de Química de la Universidad y dirige el trabajo de investigación que se describe en este artículo

La protección contra las radiaciones ionizantes emitidas en las transformaciones nucleares constituye uno de los principales problemas de seguridad en todas las operaciones en que interviene la energía atómica. Se están realizando los mayores esfuerzos para impedir que los reactores, los establecimientos de tratamiento químico y las demás instalaciones difundan sustancias radiactivas en la biosfera -aire, agua y tierra- en condiciones previsibles; no obstante, en la práctica pequeñas cantidades de dichas sustancias penetran en el medio en que vive el hombre. No hay duda de que esta situación continuará, por lo menos durante algún tiempo. Por ejemplo, los desechos líquidos de baja actividad procedentes de algunos establecimientos de tratamiento químico son descontaminados mediante procedimientos especiales, a pesar de lo cual subsisten vestigios de productos de fisión en esos líquidos cuando son finalmente evacuados en el suelo o en las aguas próximas. En algunas instalaciones los desechos líquidos de baja y mediana actividad se descargan en el suelo o en ciénagas sin ser sometidos previamente a una descontaminación. También hay que prever la posibilidad de que en los accidentes se liberen de vez en cuando considerables cantidades de productos de fisión.

Para que la evacuación corriente de pequeñas cantidades de productos de fisión se lleve a cabo sin riesgos, y para poder calcular los posibles efectos de la difusión de mayores cantidades en caso de accidente, es necesario disponer de un volumen considerable de información.

Procesos de enriquecimiento

El hecho de que en la biosfera se verifiquen procesos de enriquecimiento plantea problemas peculiares. Aunque la concentración de un radioelemento en el punto de evacuación, por ejemplo en una corriente de agua, se mantenga por debajo del límite admisible, pueden producirse concentraciones elevadas en los alimentos consumidos por el hombre como consecuencia de los procesos de absorción en los organismos acuáticos, que constituyen un eslabón de la cadena alimentaria. Por ejemplo, en algunos organismos acuáticos ha podido observarse un considerable enriquecimiento en fósforo radiactivo, que, dicho sea de paso, no es un producto de fisión. También pueden acarrear peligros los procesos de enriquecimiento cuando se utiliza para el riego agua ligeramente contaminada. Es lógico que sea preciso estudiar a fondo este tipo de operaciones para adquirir la certidumbre de que en un determinado curso de circunstancias, la liberación de productos radiactivos no ejerce efectos nocivos.

Si bien diversos aspectos del comportamiento de los productos de fisión en la biosfera se conocen en detalle, numerosos problemas importantes quedan aún pendientes de solución.

Teniendo en cuenta el gran impulso que va a darse a la construcción de reactores en un futuro próximo, y el consiguiente aumento de la cantidad de productos de fisión que será preciso manipular, se impone la necesidad de intensificar los esfuerzos en este sentido. En mayo de 1958 se inició en el Primer Instituto de Química de la Universidad de Viena, en virtud de un contrato concertado con el Organismo Internacional de Energía Atómica, la ejecución de un proyecto de investigación sobre los factores que determinan la distribución de los productos de fisión en la biosfera. El Primer Instituto de Química funciona bajo la dirección del profesor Hans Nowotny. El trabajo sobre la distribución de los productos de fisión se realiza en el Departamento de Radioquímica, dirigido por el profesor Engelbert Broda.

Métodos de investigación

Dicho proyecto de investigación contribuirá a que se alcance uno de los objetivos del OIEA, a saber, el establecimiento de normas de seguridad y de protección de la salud y la reducción de los peligros para la vida y la propiedad. En el marco de este proyecto, diversos métodos de investigación se están aplicando ya, mientras que otros se encuentran en curso de preparación. Se está estudiando la distribución de algunos productos de fisión presentes en la biosfera a consecuencia de las explosiones nucleares experimentales, a fin de determinar los factores que regulan el transporte y la difusión de esos productos. Más adelante, se podrán obtener datos relativos a la absorción de productos de fisión por determinados organismos o sustancias minerales realizando experimentos en escala de laboratorio o liberando, en condiciones controlables, pequeñas cantidades de productos de fisión en un medio ecológico determinado.

La determinación de la distribución de los productos de fisión en la biosfera exige métodos de detección de elevada sensibilidad. En el Primer Instituto de Química de la Universidad de Viena se viene utilizando la espectrometría gamma desde el comienzo de las investigaciones, y pronto se dará fin a la construcción de un contador beta para bajas actividades. Con ayuda de un espectrómetro gamma facilitado por el OIEA se han medido directamente muestras tomadas en la biosfera, tales como cenizas de plantas o residuos procedentes de la evaporación de las aguas fluviales. Dado que con este instrumento se registran por separado los rayos gamma de distintas energías, los isótopos pueden detectarse uno por uno gracias a las energías características de sus radiaciones.

Características del contador beta

El rasgo esencial de un contador beta para bajas actividades es que el número de impulsos de fondo

debidos a los rayos cósmicos y a la radiactividad ambiente es reducido. Esto se consigue empleando un fuerte blindaje contra las radiaciones procedentes del exterior y colocando en torno al propio tubo de recuento beta varios contadores de rayos cósmicos. Merced a estos contadores y a un circuito llamado de "anticoincidencias", algunos de los impulsos son automáticamente atribuidos a los rayos cósmicos y no se registran. Una vez que la actividad de fondo se ha reducido de esta manera, es posible medir muestras de actividad muy baja. La sensibilidad de este contador supera considerablemente la de un espectrómetro gamma. No obstante, las medidas resultan más difíciles, ya que para determinar cada radioelemento es preciso aislarlo primero mediante

procedimientos químicos. Actualmente se están seleccionando y ensayando métodos de separación radioquímica aplicables a las muestras que han de estudiarse con arreglo al proyecto de investigación.

En el proyecto iniciado en el Primer Instituto de Química de la Universidad de Viena, se concede especial atención a los productos de fisión cuyo período de semidesintegración es del orden de varios meses; hasta ahora éstos no han sido estudiados, con mucho, tan a fondo como los isótopos de período largo cesio-137 y estroncio-90. Ya se han obtenido los primeros datos sobre la distribución de algunos de estos productos de fisión -zirconio, rutenio y tierras raras- en ríos, lagos y determinadas plantas.

ISOTOPOS Y SEGURIDAD

Periódicamente se comunica al mundo que todos los trabajos con materiales radiactivos pueden resultar peligrosos. Y lo cierto es que las radiaciones atómicas son un arma de dos filos. Enormes son los beneficios que pueden obtenerse si se controla su utilización, y sus posibilidades de empleo son prácticamente ilimitadas. Pero todos los hombres de ciencia saben -algunos de ellos a costa de una trágica experiencia- que las sustancias radiactivas pueden ser causa de graves daños si se manipulan con poco cuidado o sin suficiente conocimiento.

Gracias a las últimas investigaciones podemos ya determinar con un margen de exactitud razonable los efectos de las radiaciones ionizantes en determinadas condiciones, y nos es posible fijar las medidas necesarias para reducir -y en algunos casos incluso eliminar- todo riesgo de exposición accidental o excesiva. Pero la mayor parte de estos conocimientos se obtienen en ramas especializadas de estudio y no puede esperarse que conozcan perfectamente estas disciplinas especializadas todos los que manipulan radioisótopos en la medicina, la industria, la agricultura y otras esferas. Por eso se ha dejado sentir la necesidad de confeccionar un breve y sencillo código de prácticas o por lo menos una guía general para manipular sustancias radiactivas en condiciones de seguridad. Para que este código fuera completo y digno de confianza era necesario mancomunarse los conocimientos y la experiencia adquiridos en diversas esferas de trabajo y en distintos países.

Constitución de un grupo de expertos

Con esta idea el OIEA constituyó un grupo de trece hombres de ciencia, procedentes de diez países, para que profundizasen en esta cuestión y recomendasen lo que debían y no debían hacer las personas que trabajan con radiaciones y todos los demás interesados. Sus recomendaciones se acaban de publicar bajo el título de "Manual para la manipulación sin riesgos de los radioisótopos". Para confeccionarlo se han efectuado considerables estu-

dios y se han hecho el mayor número posible de consultas; si más adelante resulta necesario revisarlo se tendrán en cuenta todas las observaciones que formulen los expertos y todos los datos nuevos de que se disponga.

Las recomendaciones versan no sólo sobre las facetas técnicas y médicas del problema, sino también sobre las cuestiones de organización. "La experiencia demuestra -dice el Manual- que no puede confiarse en que un trabajador, por muy competente que sea, tenga presentes todas las normas de seguridad y protección de la salud cuando está concentrado en su labor." Por eso, las personas a cuyo cargo estén las instalaciones en que se hallen depositadas o se manipulen sustancias radiactivas deberán adoptar las medidas de organización necesarias para poder aplicar las normas de seguridad. La recomendación fundamental es que en toda instalación de ese género haya personas de gran competencia técnica que puedan asesorar sobre todos los problemas que plantea la protección contra las radiaciones.

Como es natural, la asistencia y vigilancia médica fue uno de los temas que más suscitaron la atención de los expertos del OIEA. Las recomendaciones generales que tratan de esta materia preconizan que los jóvenes no deben desempeñar labores en que puedan quedar expuestos a radiaciones, que las mujeres en edad de procrear requieren una protección especial, y que los exámenes radiológicos sólo deben hacerse cuando sean realmente necesarios y con el mínimo de exposición. Para los trabajadores en general lo esencial es evitar que resulte excesiva la dosis de radiación que reciban durante su trabajo.

El problema de una dosis que no entrañe riesgos

Existen diversos métodos para medir la exposición personal a las radiaciones y para determinar el nivel de radiación en los lugares de trabajo. Para el monitoreo individual el mejor método con-