

Radiaciones para mejorar la salud

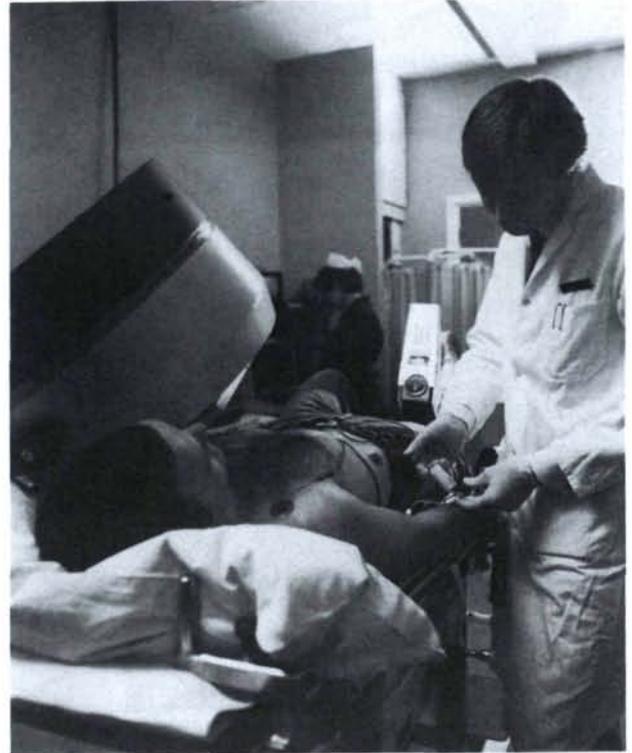
Las técnicas nucleares apoyan en múltiples formas los esfuerzos de los países por alcanzar el objetivo mundial de salud para todos en el año 2000

por Mohamed Nofal

En pocas palabras podría decirse que salud significa ausencia de enfermedades. Pero la ausencia total de enfermedades, objetivo supremo de la ciencia médica, no es factible aún. Con todo, cualquier programa encaminado en esa dirección trataría de crear condiciones ambientales que previnieran las enfermedades, intentaría diagnosticarlas precozmente y, cuando se produjeran, buscaría el tratamiento que fuera más eficaz en función de los costos. En diversas formas, las aplicaciones relacionadas con la salud desempeñan un importante papel ya que ayudan a los países a trabajar por el logro del objetivo, expresado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), de salud para todos en el año 2000.

En los tres decenios pasados el OIEA ha establecido una serie de proyectos y programas de cooperación que abarcan básicamente los siguientes aspectos*:

- **Medicina nuclear.** Los radionucleidos se utilizan en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, así como en la investigación médica para comprender el carácter de éstas.
- **Técnicas analíticas nucleares.** Se utilizan para estimar los diversos oligoelementos presentes en el organismo, en nuestra dieta, y en nuestro medio ambiente. A diferencia de las técnicas de la medicina nuclear, que sondan nuestro medio interno en busca de indicios de las enfermedades que nos afligen, las técnicas analíticas nucleares sondan nuestro medio externo inmediato en el cual pueden producirse cambios que provocan algunas enfermedades.
- **Radiobiología.** Se encarga de la alteración del medio externo con la aplicación de radiaciones, o de la erradicación de enfermedades mediante la irradiación externa. Por ejemplo, con la radioesterilización de los



En la foto se inyecta a un paciente un radisótomo de periodo corto que se utiliza para obtener información visual sobre el ritmo cardíaco y el funcionamiento pulmonar. (Cortesía: UKAEA)

suministros médicos se destruyen los microorganismos, elementos omnipresentes en nuestro medio que pueden representar una amenaza para la salud. La radioterapia trata de destruir las células cancerosas que, si bien son internas, desde el punto de vista funcional son ajenas a las necesidades del organismo humano.

- **Dosimetría.** Se encarga de la medición fiable de las dosis de radiación que se suministran intencionalmente para alterar el medio humano interna o externamente.

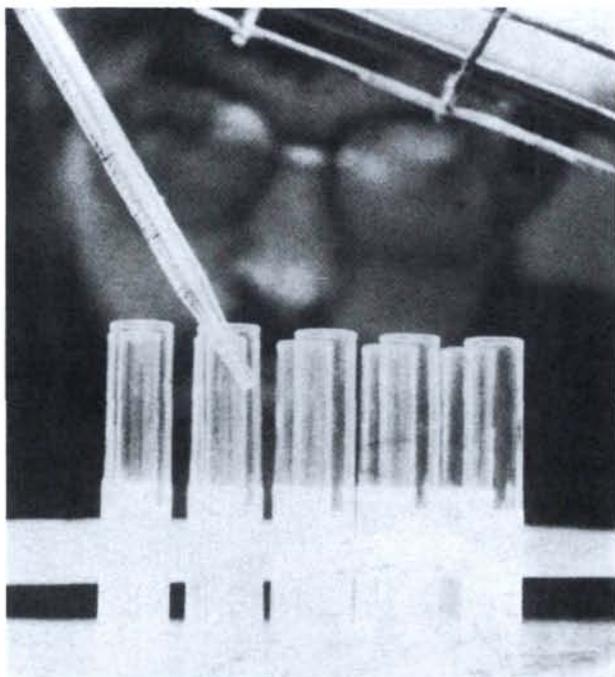
Medicina nuclear

En la actualidad, sólo en los Estados Unidos se realizan cada año más de 10 millones de intervenciones de medicina nuclear. En la cuarta parte de los procesos de diagnóstico de los pacientes que ingresan en un hospital general se aplica algún procedimiento de medicina nuclear. No sólo ha aumentado año tras año el número de estos procedimientos, sino también su diversidad, que se amplía rápidamente. Muchos países en desarrollo esperan ayuda del OIEA para establecer servicios de medicina nuclear en sus principales hospitales en apoyo a la atención médica especializada que brindan. Los Estados Miembros que ya poseen algunos servicios de este tipo solicitan ahora su modernización. Alrededor de 70 Estados Miembros pidieron ayuda este año para sus programas de medicina nuclear.

La demanda apunta en dos direcciones: por una parte, apunta hacia la diseminación horizontal y vertical de la medicina nuclear. Por otra, pone de relieve la creciente preocupación de que la práctica futura de la medicina nuclear requerirá instrumentos cada vez más costosos y

El Dr. Nofal es Director de la División de Ciencias Biológicas del OIEA. Hicieron contribuciones a este artículo los funcionarios de la División Ramanik Ganatra, Ramendra Mukherjee, Robert Parr y Mónica Gustafsson.

* En los volúmenes 28, N° 2 (1986) y 25, N° 2 (1983) del *Boletín del OIEA* aparecen informes más pormenorizados acerca de los programas del Organismo en la esfera de la medicina nuclear y esferas conexas.



Los radisótopos se utilizan para detectar enzimas y proteínas en una muestra de fluido del paciente. Aquí, un científico prepara materiales fluorescentes para utilizarlos en un radioinmunoanálisis médico. (Cortesía de E.I. du Pont de Nemours y Co., Inc.)

avanzados, y los radiofármacos y los compuestos marcados que se necesitan serán cada vez más perfeccionados, caros y específicos. El costo ascendente de la medicina nuclear y la infraestructura básica necesaria para mantenerla requieren un esfuerzo continuo del Organismo para fomentar esta rama de la medicina en el mundo en desarrollo mediante el apoyo a la cooperación técnica, los contratos de investigación y la labor en la esfera de la educación.

Medicina nuclear *in vitro*. Se trata de procedimientos que no entrañan la administración de radiactividad al paciente. En el tubo de ensayo se añaden sustancias radiactivas a varios eluatos clínicos obtenidos del paciente para estimar los niveles de hormonas, vitaminas, nutrientes y medicamentos que circulan en el organismo por minuto. Los radioinmunoanálisis (RIA), para los que se utilizan inmunorreactivos, constituyen el procedimiento fundamental en este conjunto. Mediante ellos pueden estimarse cientos de sustancias biológicas de importancia para el diagnóstico. Figuran entre los instrumentos de diagnóstico más simples, baratos y polivalentes.

Entre las actividades del Organismo está la ayuda en la instalación y el perfeccionamiento de laboratorios, así como en el fomento de la capacidad de los países para producir reactivos a nivel nacional o regional. Uno de los proyectos suministra reactivos a granel para el análisis de las hormonas tiroideas a casi 14 países de la región de Asia y el Pacífico. Este tipo de análisis se realiza con mayor frecuencia en los países en desarrollo y el costo por paciente puede reducirse a la décima parte del usual si se utilizan reactivos a granel en lugar de los juegos (kits) comerciales que se venden listos para utilizarlos. Ya los países están pasando al empleo de reactivos a granel producidos por ellos mismos o en la región. Este

proceso autóctono ha conducido gradualmente a una transferencia de tecnología y a la autosuficiencia regional. Este año se iniciará un programa similar para los países de América Latina. Se realizan intensas actividades en materia de formación para el control de la calidad de los procedimientos que sirven de base a todo el programa de ensayos *in vitro*.

Otras actividades del Organismo guardan relación con los nuevos adelantos en biotecnología, que han conducido a un alto grado de perfeccionamiento en múltiples procedimientos de análisis. (Ejemplo de ello son los anticuerpos monoclonales, la utilización de reactivos de partículas imantadas para obviar la centrifugación, y de sistemas de análisis en fase sólida para simplificar y agilizar los procedimientos). El programa estimula la utilización de estas técnicas donde sea posible mediante programas coordinados de investigación.

Durante el decenio pasado los análisis se realizaban fundamentalmente para estimar los niveles de hormonas en la sangre. Sin embargo, en la actualidad existe la tendencia a utilizarlos cada vez más para diagnosticar enfermedades transmisibles. Ya son muy conocidos los inmunoanálisis para la hepatitis por suero y el SIDA (síndrome de inmunodeficiencia adquirida), pero también se están creando nuevos análisis para otras múltiples enfermedades que son mucho más comunes en los países en desarrollo. Los programas de investigación que reciben apoyo del OIEA abarcan el desarrollo de RIA para el paludismo, la esquistosomiasis y la tuberculosis.

● **Medicina nuclear *in vivo*.** El fuerte principal de la medicina nuclear es el estudio de la función de diversos órganos con el auxilio de trazadores radiactivos. La aplicación más común *in vivo* es la obtención de imágenes de los órganos. Al paciente se le suministran radiofármacos que se localizan selectivamente en los órganos, y mediante diversos dispositivos para la obtención de imágenes se confeccionan mapas de su distribución. Una cámara gamma permite la representación visual de todo el órgano en pocos segundos, y si se le acopla una computadora, pueden realizarse estudios dinámicos secuenciales del funcionamiento de varios órganos. Toda la esfera de la obtención de imágenes se está ampliando rápidamente. Las actividades del Organismo brindan los instrumentos y otros medios auxiliares en algunos casos, pero sobre todo crean los recursos humanos al proporcionar capacitación y expertos a los Estados Miembros interesados. Debido a que el instrumental es ultramoderno y complejo, se presta gran atención al apoyo a las prácticas de control de la calidad y al mantenimiento mediante cursos prácticos, documentos y programas coordinados de investigación. Los simposios científicos y los seminarios organizados conjuntamente por el OIEA y la OMS han demostrado ser cauces valiosos, y en ocasiones un sello distintivo, del intercambio de información.

Radioterapia

Es bien conocida la aplicación de radioterapia a personas que padecen de cáncer para destruir las células cancerosas malignas que se diseminan rápidamente. En circunstancias especiales, ahora la radioterapia puede

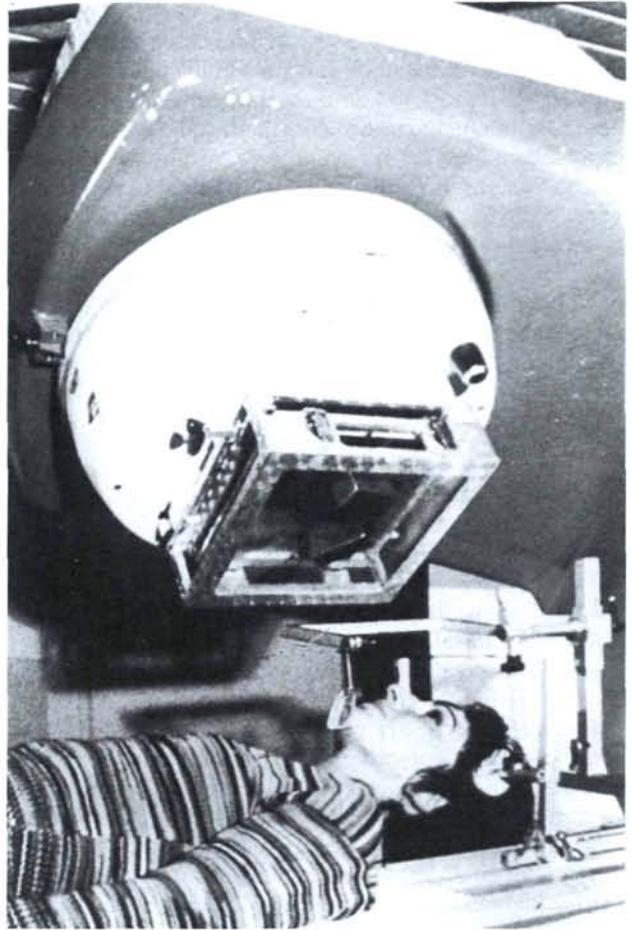
combinarse también con otras modalidades físico químicas como la temperatura (hipertermia) o la tensión de oxígeno (sensibilizadores de células hipóxicas), para aumentar las ventajas clínicas utilizando dosis de radiación relativamente inferiores. En 1986 el OIEA y la OMS celebraron conjuntamente un simposio internacional sobre radioterapia en los países en desarrollo, que promovió un análisis de esta importante esfera de la atención de la salud y coadyuvó a la identificación de las necesidades de numerosos países*. Además, mediante un gran número de actividades de cooperación técnica se está creando una infraestructura capacitada de radioterapeutas, radiólogos y físicos médicos para ayudar a mejorar la radioterapia del cáncer.

El proyecto egipcio de tratamiento del cáncer, organizado por el OIEA y el Gobierno de Egipto en cooperación con la OMS y con apoyo financiero de Italia, es un buen ejemplo de la utilización de la radioterapia conforme a las necesidades y las condiciones socioeconómicas de las regiones en desarrollo. Se ha hecho gran hincapié en la braquiterapia (tratamiento de cerca) del carcinoma de cuello del útero con una fuente de radiaciones intracavitarias de cesio 137 insertada manualmente. Cuatro cursos de formación del proyecto han permitido transmitir conocimientos técnicos en esta especialidad a 95 cursillistas de Egipto y otros países africanos. (El Organismo se propone efectuar en 1989 un seminario para África sobre organización y formación en radioterapia.) Asimismo, se promueven aplicaciones de la radioterapia en Asia y el Pacífico en virtud del programa de cooperación técnica del Organismo conocido como Acuerdo de Cooperación Regional (ACR). Un curso de formación en Malasia atrajo a especialistas en radioterapia y física médica de 11 países. Si bien el carcinoma de cuello del útero fue uno de los temas principales, el curso del ACR abarcó una gama mucho más amplia de técnicas de tratamiento, por ejemplo, las fuentes clásicas de radiaciones de radio 226, el recientemente creado californio 252, y los dispositivos de "afterloading" a distancia que emiten dosis elevadas.

Técnicas analíticas nucleares

La investigación de la nutrición humana es una esfera en la que los métodos nucleares tienen múltiples aplicaciones importantes. Los expertos consideran que para disfrutar de una buena salud se requiere en total unos 15 oligoelementos esenciales —como yodo, hierro, cobre, zinc, cobalto y selenio— en cantidades variables. Los programas del Organismo promueven la investigación para determinar las ingestiones dietéticas reales de oligoelementos en diferentes países y compararlas con los márgenes dietéticos recomendados. Se recogen muestras de dietas de 12 países industrializados y en desarrollo. Es ésta la primera vez que se realiza un análisis nutricional que incluye todos los microelementos y oligoelementos (24 en total) que se consideran importantes para la nutrición. Diecisiete de esos 24 elementos se determinan mediante análisis por activación neutrónica (AAN). El Organismo ha

* Las actas del simposio están a la venta en el OIEA. Referencia STI/PUB/719. En la sección *Keep abreast* se da información sobre la manera de efectuar pedidos.



Unidad de radioterapia de haces externos (Cortesía: CEA)

elaborado además un nuevo material de referencia sobre la dieta total que, con la ayuda de 79 participantes de 33 países, se ha certificado con respecto a 22 elementos. Las técnicas de análisis por activación neutrónica han proporcionado la tercera parte de los resultados obtenidos. Ya los resultados preliminares ofrecen indicios interesantes en el sentido de que, en algunos países, las ingestiones dietéticas reales de numerosos oligoelementos esenciales están muy por debajo de los márgenes recomendados.

Algunos efectos de la deficiencia de oligoelementos pueden ser sumamente visibles y estar muy diseminados; por ejemplo, sólo en Asia, se estima que más de 400 millones de personas padecen de deficiencia de yodo en diversos grados. Sin embargo, los efectos de la mayoría de los oligoelementos son más sutiles y menos visibles, y sólo en un período relativamente reciente comenzaron a aparecer pruebas de que las deficiencias podían estar mucho más diseminadas de lo que se pensaba. Ya en muchos países se ha comenzado a reforzar alimentos seleccionados con elementos como el yodo y el hierro, y se está apoyando activamente la investigación acerca del cobre, el zinc, el selenio y otros.

Investigaciones ambientales relacionadas con la salud. En esta esfera también los esfuerzos se han centrado en la utilización de las técnicas analíticas nucleares. Se ha hecho hincapié en el estudio de los

metales pesados tóxicos, como el mercurio, el cadmio, el plomo y el arsénico. Se ha demostrado, por ejemplo, que el cabello humano es un valioso indicador de primer nivel de la exposición ambiental y profesional a varios de estos elementos. Se considera que el mercurio, específicamente, refleja la carga corporal total. En otros programas de investigación se abordan metodologías para controlar el cumplimiento de las disposiciones nacionales relativas a las concentraciones máximas permisibles de elementos tóxicos en los alimentos, así como la contaminación ambiental proveniente de desperdicios sólidos como el hollín y los lodos cloacales. El control de la calidad es parte integrante de esta labor y se está promoviendo mediante la creación de nuevos materiales y métodos analíticos de referencia.

Radiobiología

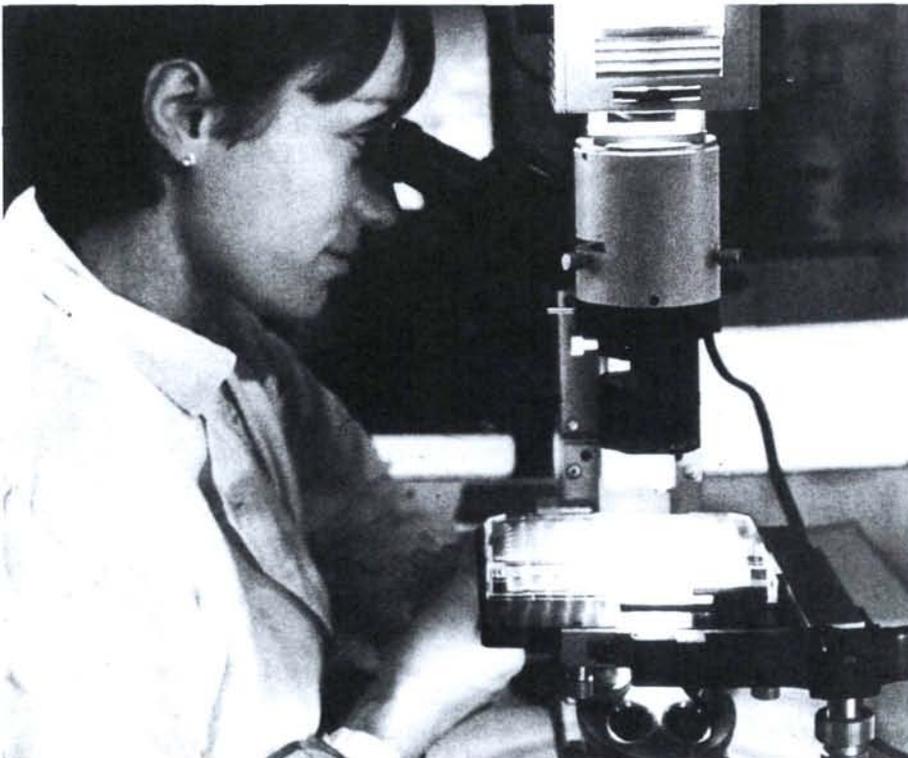
En los centros de asistencia médica de los países en desarrollo existe gran escasez de servicios de esterilización, razón por la cual es cada vez mayor el número de solicitudes que llegan al Organismo para el establecimiento de instalaciones de esterilización en pequeña escala. De un total de 135 irradiadores gamma en gran escala existentes en 42 países, 20 se encuentran en países en desarrollo y en su mayoría se han puesto en funcionamiento con el apoyo técnico e investigativo del Organismo. En los hospitales de todos los países se necesitan suministros médicos como jeringuillas, agujas, lancetas, cánulas de infusión, catéteres, suturas de catgut, escalpelos, gaza de algodón absorbente, vendas, medicamentos e incluso injertos de tejidos. La utilización inadvertida de artículos de esta índole contaminados con microorganismos puede provocar infecciones recíprocas que suelen tener consecuencias fatales. Los rayos gamma de cobalto 60 son muy eficaces desde el

punto de vista técnico porque permiten la esterilización "en frío" incluso de plásticos sensibles al calor después que están envasados. A diferencia del óxido de etileno, agente esterilizante convencional, la radiación no deja en los productos médicos tratados residuos tóxicos que entrañen riesgos para la salud.

La radiobiología también se está aplicando en la investigación de la nutrición humana. La División Mixta del OIEA y la Organización de la Agricultura y la Alimentación (FAO) brinda apoyo a la investigación coordinada sobre la utilización de las técnicas nucleares para aumentar los valores nutritivos de la mandioca, alimento básico de muchos países tropicales.

Dosimetría

Red OIEA/OMS. En la esfera de la metrología, pocos países han establecido patrones primarios para medir las radiaciones ionizantes. Los Estados Miembros de la "Convention du Mètre" tienen la posibilidad de comparar sus patrones nacionales de medición con los de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (OIPM) o de solicitar la calibración si se trata de un patrón secundario. Con todo, sólo aproximadamente la mitad de los 47 Estados Miembros de la Convención mantienen patrones nacionales de medición con fines dosimétricos. A medida que el uso de la radiación ionizante se fue extendiendo por el mundo, surgió la necesidad de resolver los problemas que creaba la falta de instalaciones de calibración adecuadas. En consecuencia, el OIEA propuso crear laboratorios de calibración dosimétrica cuyo trabajo recibiría el apoyo de los laboratorios primarios existentes y sería coordinado por el OIEA y/o la OMS. Esta red de laboratorios secundarios de calibración dosimétrica (LSCD) se estableció



Un científico observa cultivos de células durante la preparación de anticuerpos monoclonales. (Cortesía de E.I. du Pont de Nemours y Co., Inc.)

Las técnicas nucleares pueden utilizarse para evaluar y tratar los tumores del tiroides, que pueden deberse a la deficiencia del oligoelemento yodo. Los análisis *in vitro* de las hormonas conexas permiten evaluar el funcionamiento del tiroides, y los métodos *in vivo*, como el registro centellográfico, pueden contribuir a su diagnóstico anatómico y patológico. Cuando se precisa tratamiento, algunos tumores del tiroides pueden ser susceptibles a la radioterapia. (Cortesía de SEARO Regional Health Papers N° 10, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud para el Asia sudoriental, Nueva Delhi, 1985.)



durante el decenio pasado, especialmente para los países en desarrollo, y ya pertenecen a ella alrededor de 60 laboratorios 46 de los cuales se encuentran en el mundo en desarrollo.

En su mayoría, los LSCD se han creado con miras a realizar calibraciones y promover la garantía de la calidad en la dosimetría de la radioterapia y la protección radiológica. Con la ampliación de las aplicaciones terapéuticas de la radiación en general, aumentará la necesidad de una medición exacta de las dosis de radiación. Aunque en la protección radiológica y en la ínfima gama de mediciones dosimétricas que se realizan en la vigilancia de la radiación ambiental se precisa menor exactitud, la experiencia posterior a Chernobil ha demostrado la necesidad de mejorar la calibración y aumentar la fiabilidad de los dosímetros para dosis bajas. A este fin se ha dado inicio a un programa de garantía de la calidad para los LSCD. Utilizando las instalaciones existentes puede garantizarse la comparación de los resultados de mediciones obtenidos en diferentes momentos y lugares y con diferentes instrumentos, a fin de que las autoridades competentes puedan extraer conclusiones correctas. La sección de dosimetría del Organismo, en el Laboratorio de Seibersdorf, actúa en calidad de laboratorio central de la red de LSCD. (Para más información acerca de la labor de la sección, véase el artículo relativo al Laboratorio de Seibersdorf.)

Intercomparación de dosis para la radioterapia. A partir de 1970 funciona un servicio postal de intercomparación de dosis que es una empresa conjunta del OIEA y la FAO. En el OIEA se preparan y calibran dosímetros termoluminiscentes que se expiden a los hospitales participantes de los países en desarrollo por conducto de la OMS. Al llegar a su destino, se les somete, en condiciones prescritas, a dosis específicas que determina el

laboratorio del hospital. Posteriormente se envían de nuevo al laboratorio del Organismo donde son evaluados, y las desviaciones excesivas, así como las posibles causas y las medidas que se proponen al respecto, se notifican a los participantes por mediación de la OMS. Cada año se distribuyen alrededor de 200 juegos de dosímetros; de ellos unos 100 a 150 son devueltos y evaluados. Este servicio se ha prestado a un total de 650 hospitales. Como promedio, el 70% de los hospitales tienen desviaciones de más menos 5%, lo que constituye una mejora en comparación con 1970, cuando sólo el 60% alcanzó este resultado. A pesar de ello, se considera que el 90% es un objetivo realista, de ahí que este servicio aún se requerirá por algún tiempo. El servicio se ampliará a todas las calidades de radiación que sea preciso e incluirá el uso de un simulador con figura humana.

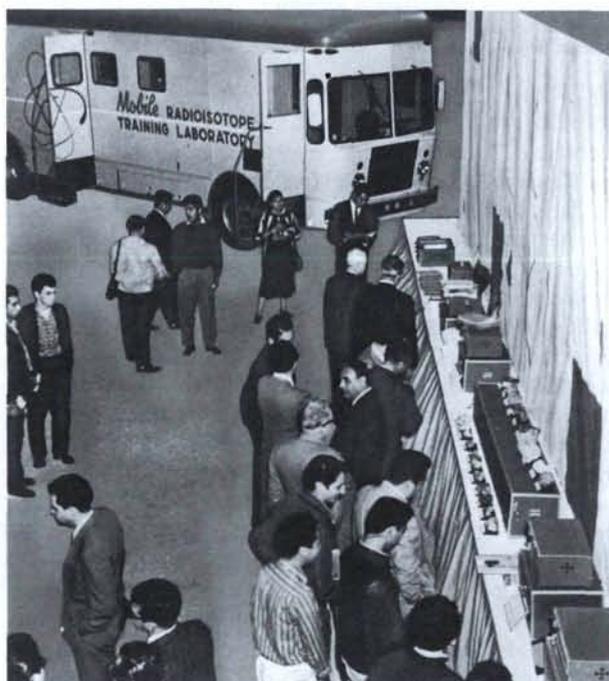
Servicio de estandarización de dosis altas y verificación de dosis. El OIEA ha inaugurado también el Servicio Internacional de Verificación de Dosis (SIVD) para las dosis altas de radiación y la promoción de la dosimetría como medida de control de la calidad del tratamiento por irradiación. Se invita a participar a las instalaciones comerciales y no comerciales de irradiación que trabajen con dosis absorbidas de radiaciones gamma y de electrones de 10 gray a 10 kilogray. Desde junio de 1985 se han realizado más de 200 comprobaciones de dosis para 27 instalaciones irradiadoras de 18 países. Los resultados han sido muy buenos en general; no obstante, las desviaciones globales fluctuaron entre menos 20% y más 24%. Se espera que la estandarización de la dosimetría para el tratamiento por irradiación permita la justificación de la aprobación reglamentaria de los productos irradiados y constituya la base de la autorización internacional del libre comercio.



Páginas del pasado...



El laboratorio móvil de radisótopos del OIEA funcionó como centro de capacitación ambulante en el decenio de 1960, despertando profundo interés en los países visitados. En la fotografía se muestra el laboratorio en México, en una de sus varias paradas: la Universidad de Guanajuato.



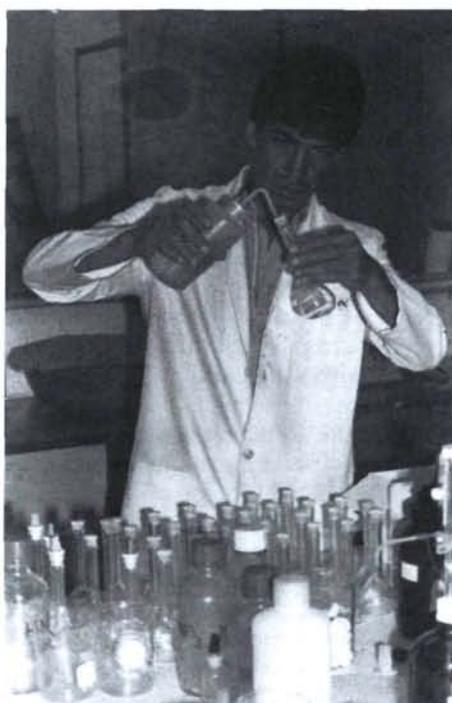
El OIEA ha apoyado proyectos de erradicación de insectos mediante técnicas de irradiación en muchos países, incluida Nigeria donde el proyecto BICOT ha logrado erradicar la mosca tsétsé en una zona agrícola escogida. El proyecto, en cooperación con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), ha sido ampliado recientemente.



Alrededor de 20 países enviaron muestras de granos de arroz y tallos de otras plantas a los Laboratorios del OIEA en Seibersdorf, en el marco de un proyecto de investigación realizado en el decenio de 1960 para analizar el empleo de fertilizantes mediante técnicas nucleares.



En 1966, en el Instituto de Investigaciones del Metabolismo Tropical del British Research Council en Jamaica se estudiaron, utilizando equipo nuclear proporcionado por el OIEA, enfermedades infantiles debidas a la desnutrición.



Desde el decenio de 1970, el OIEA y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han apoyado una red de laboratorios para fomentar la medición de dosis fiable para las aplicaciones radiológicas con fines médicos, industriales y de otros tipos. En la fotografía se muestra un técnico del Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica (LSCD) de Ecuador, uno de los más de 50 laboratorios de la red OIEA/OMS de LSCD.

La capacitación de jóvenes científicos en la aplicación de técnicas nucleares ha sido un elemento básico de los servicios prestados por el OIEA en los últimos 30 años. En la imagen, un estudiante de la Universidad Makere de Kampala, Uganda, recibiendo instrucción de un científico del Organismo.

