

Portada: Estos niños que se abrazan en pleno campo nos enseñan una vez más cuán vinculada está la salud al mundo que nos rodea. Demasiadas personas sufren, y con frecuencia mueren prematuramente, a causa de enfermedades relacionadas con la contaminación industrial, una nutrición deficiente, alimentos y aguas contaminados y otras condiciones ambientales inseguras. De diversas formas el OIEA presta un importante apoyo a los esfuerzos globales encaminados a lograr una salud mejor para todos. Los proyectos previstos de investigación y transferencia de tecnología están ayudando a los profesionales e investigadores de la medicina a utilizar tecnologías nucleares relacionadas con la salud en su lucha contra algunas de las enfermedades y afecciones más graves del mundo.

Contraportada: Familia de Pangasinan, Filipinas. Esta foto, tomada por Rodolfo M. de León en Filipinas, y titulada "Esplendor", así como la de niños en Viet Nam de la portada, titulada "Ojos y sonrisas", que fue tomada por Tuong Linh en Viet Nam, y que aparece en el diseño de nuestra portada con los logotipos internacionales de la salud y la familia, estuvieron entre las ganadoras del concurso mundial de fotografía "La Familia". El concurso fue organizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y el Centro Cultural de la UNESCO para Asia y el Pacífico (ACCU). En las páginas 16 y 17 aparece más información sobre el concurso y una selección de las fotos premiadas.

INDICE

Crónicas Aplicaciones nucleares para la salud: Marchando al ritmo del progreso
por *Alfredo Cuáron* / **2**

Algunos aspectos de la relación entre la salud y el medio ambiente
por *Gopinathan Nair, Robert M. Parr y John Castelino* / **10**

Foto collage: Salud, medioambiente y familia / **16**

Salud y nutrición humanas: La ayuda de los isótopos para erradicar el "hambre escondida"
por *Robert M. Parr y Carla R. Fjeld* / **18**

Atención e investigaciones de la salud: Ensayos clínicos en la radioterapia del cáncer
por *Jordanka Mircheva* / **28**

Dosimetría radiológica en la atención sanitaria: Ampliación del alcance de las redes mundiales
por *Peter Nette y Hans Svensson* / **33**

Informes especiales Los efectos biológicos de las dosis bajas de radiación ionizante: Una visión más completa
por *Abel J. González* / **37**

Transferencia de tecnología para la gestión segura de desechos radiactivos: Adaptación de los enfoques
por *Donald Saire, Curt Bergman, Candace Chan y Vladimir Tsyplenkov* / **46**

Informes temáticos Expertos sin fronteras: Fomento de conocimientos especializados para la transferencia de tecnologías nucleares
por *Robert Lauerbach y Alicia Reynaud* / **51**

Becas de ciencia y tecnología nucleares: Aplicación del conocimiento
por *John P. Colton* / **55**

Secciones fijas Resumen internacional de noticias/Datos estadísticos / **60**

Posts announced by the IAEA (Anuncio de puestos del OIEA) / **72**

Publicaciones del OIEA / **73**

Bases de datos en línea / **74**

Conferencias y seminarios del OIEA/Programas coordinados de investigación / **76**

Aplicaciones nucleares para la salud: Marchando al ritmo del progreso

Panorámica de la evolución de los programas del OIEA y de la gama de aplicaciones nucleares relacionadas con la salud que hoy día benefician al público

por **Alfredo Cuarón**

Poco antes de comenzar el siglo XX, los descubrimientos de los rayos X, en 1895, y de la radiactividad, en 1896, abrieron totalmente horizontes nuevos para la ciencia. Desde entonces, el mundo de la comunidad médica ha estado en constante evolución, en algunos países mucho más rápidamente que en otros.

Durante los últimos 100 años, los rayos X se han convertido para casi todo el mundo en algo tan familiar como el sillón del dentista. A medida que nos acercamos al próximo siglo se presta más atención a tecnologías de las radiaciones y aplicaciones nucleares menos conocidas, pero más trascendentes, las cuales los médicos de hoy día pueden utilizar para el diagnóstico y tratamiento tempranos de enfermedades graves. Muchos de estos instrumentos constituyen el núcleo de los programas del OIEA en la esfera de la sanidad humana. Estos programas, dirigidos a promover y apoyar la transferencia de las aplicaciones nucleares relacionadas con la salud, se adaptan cada vez más a las cambiantes y complejas condiciones que afectan la atención de la salud y el tratamiento médico, sobre todo en los países en desarrollo.

En este artículo, que tiene un formato de preguntas y respuestas, se explican las diferencias entre los diversos tipos de aplicaciones nucleares relacionadas con la sanidad humana y se ofrece una panorámica de la evolución de las actividades conexas del OIEA y sus estrategias.

¿Qué son las aplicaciones nucleares?

¿Qué representan las aplicaciones nucleares para la sanidad humana? Básicamente, son aplicaciones que aprovechan el poder ionizante de las radiaciones nucleares o aprovechan las propiedades específicas de un radionucleido en particular. El primer tipo de aplicaciones se utiliza para destruir tejidos enfermos, como es el caso de la radioterapia del cáncer. El segundo tipo se usa generalmente para

obtener información útil para el diagnóstico médico, como es el caso de los estudios de medicina nuclear. Algunas de estas aplicaciones son las más antiguas y humanas de la energía nuclear. También son las técnicas nucleares más extendidas en todo el mundo.

¿Qué es la radioterapia? La radioterapia utiliza una radiación ionizante muy intensa que se concentra en los tumores para destruir todas las trazas de tejidos malignos. Se calcula que anualmente ocurren 10 millones de nuevos casos de cáncer, la mayoría de ellos en los países en desarrollo. Más del 60% de todos los pacientes de cáncer deben recibir algún tipo de radioterapia como parte de su tratamiento. Si bien un alto porcentaje de los pacientes de cáncer son tratados solamente con cirugía, cada vez es más frecuente el uso de la radioterapia y la quimioterapia en tratamientos combinados con fines curativos.

El paciente que puede curarse (del 30% al 40% de los pacientes de cáncer) tendría más posibilidades de ser tratado con éxito si se emplearan en su beneficio todos los medios necesarios para llevar a cabo un diagnóstico correcto y un tratamiento óptimo. Sin embargo, dado que esto no siempre es posible, hay que escoger. Como ha señalado la Organización Mundial de la Salud (OMS): "Una buena operación es preferible a una mala radioterapia, pero también una buena radioterapia es preferible a una mala operación." La radioterapia desempeña un papel importante en la atenuación del dolor. Ello significa que, a la larga, en la mayoría de los casos interviene en el tratamiento cuando la enfermedad entra en etapas avanzadas.

¿Es la radioterapia una nueva aplicación médica? En modo alguno. Se empleó por primera vez hace casi un siglo —en 1896— con la utilización de los rayos X y se conocía como *renuoterapia* en homenaje al físico alemán W.C. Roentgen, quien descubrió los rayos X en 1895. Desde 1903 empezó a ser gradualmente sustituida por la *curieterapia*, así denominada en honor de la científica francesa Marie Curie. Técnicamente hablando, esta fue la primera aplicación práctica de la energía nuclear. Utilizaba fuentes de radio en estrecho contacto con los tumores. Se empleó durante casi medio siglo, hasta que se produjeron radionucleidos artificiales, de características nucleares y radiobiológicas superiores, en ciclotrones y reactores nucleares.

El Dr. Cuarón es Director de la División de Sanidad Humana del Departamento de Investigaciones e Isótopos del OIEA.

Hoy día los radioncólogos pueden escoger distintos métodos según las necesidades clínicas de cada paciente, a saber:

la *braquiterapia*, que puede utilizarse empleando fuentes de partículas beta situadas en estrecho contacto con el tumor, como en el caso del cáncer del cuello del útero y otras cavidades o superficies, y

la *teleterapia*, en la que la fuente de radiación gamma se sitúa a cierta distancia del tumor, como en el caso de los cánceres profundos.

En la mayoría de los países industrializados y en un número considerable de países en desarrollo, también se emplean aceleradores de electrones en vez de fuentes de radiación, frecuentemente con mejores resultados. Además, están surgiendo nuevas técnicas cada vez más complejas y costosas, pero más seguras y precisas. Estas técnicas se basan en la utilización de aceleradores de protones, irradiadores con neutrones, captura de neutrones en el boro y aceleradores de iones pesados.

Las técnicas de trazadores y la medicina nuclear

¿Qué se entiende por "metodología de trazadores"? Hace miles de años, los chinos utilizaban pedazos de corcho coloreado para seguir el curso de las corrientes de agua del río Yang Tsé. Algunos milenios más tarde, los egipcios perfeccionaron el método utilizando grandes cantidades de colorantes solubles en agua para seguir el curso de las corrientes del Nilo. En la actualidad se necesitan unas cuantas moléculas de agua radiactiva para seguir el curso de las corrientes de agua de un río, un lago o un mar, o determinar el metabolismo del agua en un organismo vivo mediante la detección de la radiactividad.

El mejor ejemplo de la exquisita sensibilidad de la metodología de radiotrazadores se dio justamente pocos meses después de que Becquerel descubriera la radiactividad en 1896. Marie Curie descubrió que la radiactividad de la peblenda era cuatro veces mayor de lo que cabría esperar de su contenido de los dos elementos radiactivos conocidos en esa época: el uranio y el torio. Concluyó que la peblenda tenía que contener otro elemento radiactivo aún desconocido y decidió seguir su radiactividad a través de diferentes disolventes y reacciones químicas para conocer sus propiedades químicas. Por último, logró aislar 100 mg del radio contenido en ocho toneladas de peblenda: una relación peso por peso de una parte de radio por 80 millones de partes de otros elementos!

¿Cuándo se pudo aplicar la metodología de trazadores en las ciencias biomédicas? En 1932 Blumgart utilizó un radisótomo natural de bismuto como trazador del torrente sanguíneo. Detectando su radiactividad en distintas regiones del cuerpo, pudo medir con gran precisión en cada una el tiempo que demoraba la sangre en circular desde el lugar en que había puesto la inyección intravenosa. Este fue el primer experimento en materia de fisiología humana en el que se aplicó el principio de los radiotrazadores.

Unos años después, algunos químicos comenzaron a utilizar otros radionucleidos para investigar la formación y transformación continuas de moléculas orgánicas específicas, lo que dio lugar al nacimiento de la bioquímica moderna. No se podrían conocer los diferentes ciclos metabólicos que tienen lugar en un organismo vivo sin el principio de los trazadores isotópicos. Sólo los isótopos estables y los radiactivos son capaces de marcar los átomos de manera que se pueda estudiar las trayectorias de un átomo dado de una molécula a otras en las intrincadas encrucijadas bioquímicas.

¿Cómo aprovecha la medicina nuclear el principio de los radiotrazadores? La medicina nuclear se basa en el uso de cantidades diminutas de moléculas radiactivas de comportamiento biológico conocido que permiten investigar funciones y procesos bioquímicos específicos. Estos trazadores o "radiofármacos" pueden considerarse como proyectiles moleculares dirigidos. Si se administran al paciente (*in vivo*) o se añaden a una muestra de tejido en un tubo de ensayo (*in vitro*), los cientos de millones de proyectiles moleculares exploran todo el cuerpo o la muestra hasta encontrar lugares que reconocen en las células objetivo, donde su solubilidad, carga y forma las llevan a enlazarse selectivamente con un componente celular, a concentrarse en un tejido específico o a ser excretadas por un órgano dado.

¿Cómo puede aprovecharse esta información para el diagnóstico? Estos proyectiles moleculares pueden ser seguidos por detectores externos y medidos por la radiación que emiten cuando se mueven en el torrente sanguíneo y se concentran en lugares específicos, proporcionando así datos bioquímicos y funcionales cuantitativos. Por lo general, esta información se obtiene mediante una cámara de centelleo en la forma de imágenes planas o bidimensionales. Estas imágenes muestran la distribución espacial del radiotrazador en el cuerpo, reflejando la calidad y distribución regional de un proceso bioquímico o funcional dado. Un método denominado tomografía por emisión de fotones gamma (SPET) muestra la misma distribución, pero en imágenes bidimensionales de cortes del cuerpo. El sistema más avanzado se llama tomografía por emisión de positrones (PET), y suministra imágenes obtenidas empleando proyectiles moleculares marcados con emisores de positrones producidos en un ciclotrón. Su empleo permite analizar los procesos bioquímicos vitales más delicados, incluidas las interrelaciones entre los neurotransmisores radiactivos y los neurorreceptores en el cerebro. De esta forma se obtienen imágenes únicas de la base bioquímica de enfermedades que antes se consideraban de origen "mental" (demencia, esquizofrenia, depresión, paranoia) o simplemente "degenerativas" (enfermedad de Parkinson).

De cualquier manera, una característica única de la obtención de imágenes en la medicina nuclear es que puede mostrar las diversas funciones de un órgano dado utilizando diferentes radiotrazadores. En el caso del corazón, por ejemplo, es posible estudiar 14 de sus funciones, incluidos los procesos bioquímicos y metabólicos de sus diferentes estructuras.

¿Es la medicina nuclear sólo una forma refinada de la radiología clínica? En absoluto. Aunque ambas se basan en la utilización de radiaciones ionizantes, están dirigidas a dos especialidades médicas diferentes:

La *radiología clínica* se inició en noviembre de 1885, poco después de que Roentgen descubriera los rayos X. Por primera vez, los médicos pudieron explorar la estructura de los órganos internos de sus pacientes sin recurrir a la cirugía, mediante las sombras que éstos producían en una placa fotográfica. La intensidad de estas sombras depende de la densidad de los tejidos. El resultado que se obtiene es una imagen con información muy nítida del tamaño, la forma, la posición y la densidad de los distintos órganos. En otras palabras, son imágenes anatómicas. No obstante, en ese proceso una amplia zona del cuerpo del paciente queda expuesta durante muy poco tiempo a una radiación ionizante muy intensa que no es de origen nuclear. Aunque, sin dudas, la anatomía es importante, se limita al estudio de las estructuras y éstas sólo se alteran en etapas muy avanzadas de enfermedad. Una radiografía no proporciona ninguna pista en relación con la bioquímica y/o la actividad funcional. De hecho, un radiólogo puede obtener radiografías excelentes de un cadáver.

La *medicina nuclear*, por otra parte, tuvo sus inicios casi medio siglo después que la radiología, cuando se pudieron obtener radionucleidos artificiales mediante ciclotrones y reactores nucleares. Se desarrolló naturalmente a partir del principio de la metodología de los trazadores para explorar el comportamiento de las moléculas vivas. La medicina nuclear va mucho más lejos que la anatomía: se adentra en los reinos de la fisiología, la bioquímica y la biología molecular; necesita el dulce aliento de la vida y no puede obtener imágenes de un cadáver.

¿Tienen alguna repercusión en el diagnóstico médico las diferencias entre la radiología y la medicina nuclear? Cada una proporciona información médica diferente. La radiología se usa para detectar los efectos estructurales de la enfermedad, mientras que la medicina nuclear se utiliza para estudiar sus consecuencias bioquímicas y funcionales. La radiología es vital para el tratamiento satisfactorio de una fractura ósea, mientras que la medicina nuclear en este caso tendría una función, a lo sumo, secundaria. Es preciso analizar sus valores relativos en el contexto de la historia natural de una enfermedad, la cual suele comenzar con un trastorno bioquímico a nivel molecular en una zona de un órgano o sistema dado. Con el tiempo, se afecta la función regional o global del órgano, pero las primeras alteraciones estructurales sólo son perceptibles en etapas muy avanzadas. Por ejemplo, la medicina nuclear puede detectar los primeros síntomas bioquímicos producidos por la metástasis ósea de cánceres de mama y próstata, de seis a doce meses antes de que se aprecien cambios estructurales en una imagen radiográfica del esqueleto. En este caso particular, la obtención de imágenes por medios nucleares es vital para el paciente.

La principal ventaja de la medicina nuclear es que no está orientada hacia el órgano, como la radio-

logía, sino hacia el problema. La medicina nuclear no sólo proporciona nuevos métodos de prueba para viejas enfermedades, sino que define los problemas clínicos en términos bioquímicos y fisiológicos regionales y utiliza esas mediciones para ayudar a solucionar los problemas. La caracterización de la enfermedad desde el punto de vista bioquímico y funcional proporciona una base sólida no sólo para el diagnóstico, sino también para la prognosis y el tratamiento, ya se trate de terapia medicamentosa, cirugía, radioterapia o una combinación de éstas.

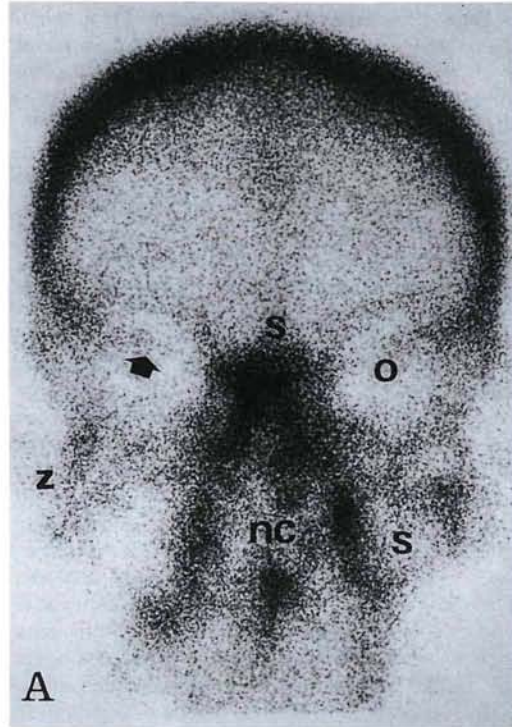
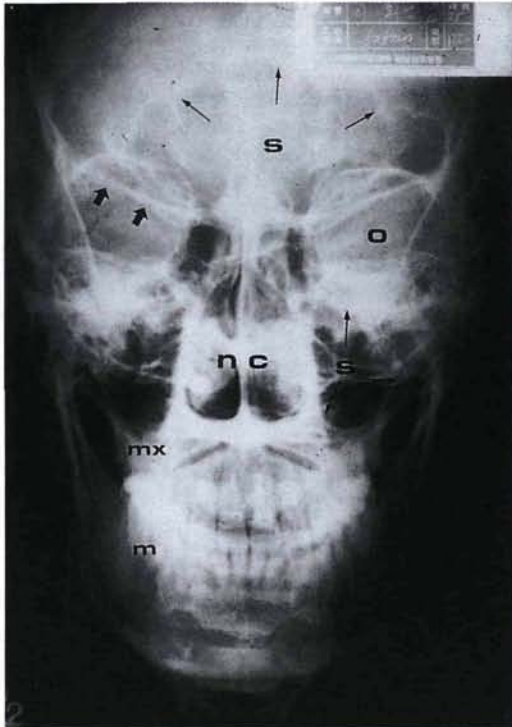
Un ejemplo que cabe citar al respecto es el cáncer de mama, que podría diagnosticarse bien mediante una mamografía radiológica; ésta podría también indicar un pronóstico grave y la necesidad de cirugía y radioterapia. Pero si una imagen nuclear muestra que el tumor puede concentrar estrógenos radiactivos, eso significará que el tumor tiene receptores de estrógenos y que puede tratarse satisfactoriamente con medicamentos. Este resultado no sólo cambia el pronóstico, sino que además evita un tratamiento traumático. Esto no quiere decir que la medicina nuclear excluya la radiología; ambas se complementan. En este caso, la mamografía es diagnóstica pero la medicina nuclear define cuál es el mejor tratamiento.

Seguridad y sensibilidad

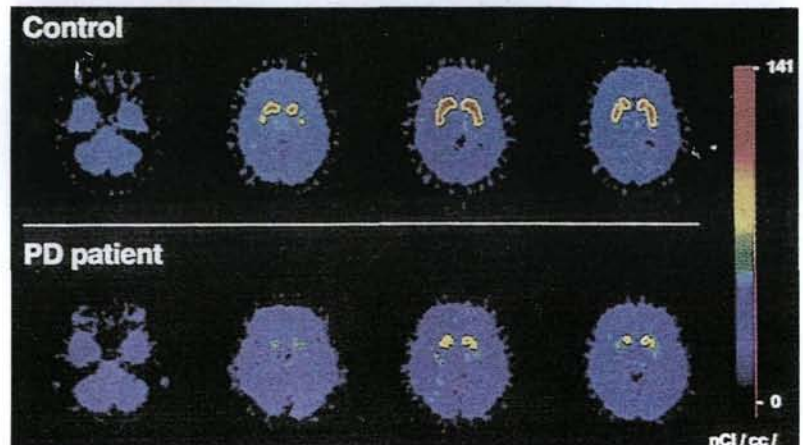
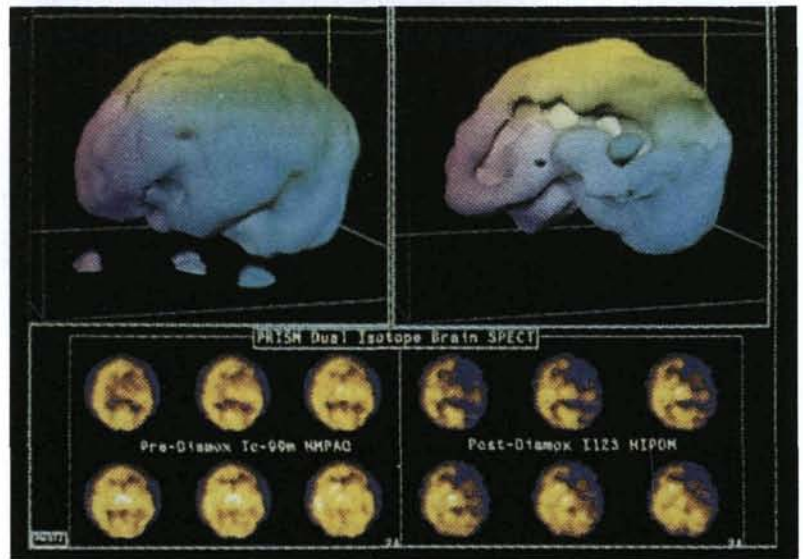
¿Es segura para el paciente la administración interna de radionucleidos? En medicina nuclear, los radionucleidos se seleccionan especialmente y son de vida corta. La radiactividad de la dosis es sólo la necesaria para ser detectada por los sensibles instrumentos de la medicina nuclear. Aunque el radionucleido permanece en el organismo por un período relativamente largo, en comparación con el período extremadamente corto de exposición de un examen radiológico, la medicina nuclear expone a los pacientes a dosis de radiación inferiores a las de la radiología clínica, cuyas radiaciones son de intensidad básicamente alta.

Por otra parte, las cantidades químicas de radio-trazadores son tan pequeñas que no pueden inducir efectos farmacológicos ni alterar los parámetros fisiológicos. Mucho menos pueden producir efectos tóxicos. Estas características especiales permiten aplicar los procedimientos de la medicina nuclear a mujeres embarazadas y a recién nacidos, así como repetirlos periódicamente para vigilar la evolución de una enfermedad o los efectos de un tratamiento.

¿Qué es una comprobación *in vitro* en medicina nuclear? Estas pruebas son las más sencillas y menos costosas de la medicina nuclear. Se realizan con medios muy sencillos en un laboratorio, donde en sólo pocas horas pueden procesarse a la vez cientos de muestras. Igual que otras pruebas clínicas de laboratorio, estas pruebas se realizan en tubos de ensayo con muestras biológicas (sangre u otros tejidos) para no exponer al paciente a la radiación ionizante. Las más comunes son el radioinmunoanálisis (RIA) y el análisis inmunoradiométrico (IRMA), que combinan la especificidad única de los procesos inmunológicos con la sensibilidad, también única, de las pruebas basadas en la radiactividad.



(En el sentido de las manecillas del reloj) VISTAS DEL CRANEO HUMANO: Radiografía anterior de un individuo normal en que se muestra con lujo de detalles la anatomía de las estructuras óseas del cráneo. A continuación, vista anterior plana del mismo sujeto tomada mediante técnicas nucleares de obtención de imágenes médicas. Indica a los médicos que la magnitud normal del metabolismo del fosfonato es diferente en cada región del cráneo, siendo más activa en los huesos craneales y faciales. VISTAS DEL CEREBRO HUMANO: Tomografía por emisión de fotón gamma (SPET) del cerebro obtenida empleando tecnecio 99m HMPAO. La magnitud de la concentración del radiotrazador en el tejido del cerebro es proporcional al flujo sanguíneo regional. Los 12 cortes tomográficos (mitad inferior) muestran una fuerte reducción del flujo sanguíneo en las regiones izquierdas del cerebro. En la mitad superior de la foto, la reconstrucción de imágenes tridimensionales tomadas de la serie de cortes tomográficos define claramente la región infartada. La foto inferior es el resultado de la tomografía por emisión de positrones (PET) del cerebro. La mitad superior de la foto muestra imágenes obtenidas en un sujeto normal. La mitad inferior muestra imágenes de neuroreceptores funcionales disminuidos en los ganglios basales de un paciente con mal de Parkinson.



Estos procedimientos han aumentado la sensibilidad de las mediciones bioquímicas por un factor de un millón, de microgramos (0,001 mg) a picogramos (0 000 000 001 mg), lo que permite descubrir una producción hormonal insospechada. Se utilizan prácticamente para detectar y medir cantidades ínfimas de cualquier sustancia inmunogénica de interés médico. Entre ellas están las hormonas, las enzimas, las proteínas, los medicamentos y los estupefacientes, así como sustancias producidas y segregadas específicamente por ciertos tumores, las llamadas marcadoras de tumores.

La comprobación *in vitro* incluye además el uso de sondas radiactivas de ADN o marcadores genéticos, que se utilizan para identificar pequeñas porciones específicas de ADN presentes en el material genético de las células. Estas pequeñas porciones se pueden amplificar posteriormente o copiarse mediante el método de la reacción en cadena de la polimerasa para que haya suficiente material para analizar incluso la muestra que contiene la minúscula cantidad de ADN de una sola célula. La obtención de huellas genéticas, como se le conoce popularmente, es especialmente útil para detectar enfermedades transmisibles como la malaria, la lepra, la leishmaniasis, la esquistosomiasis, y las enfermedades hereditarias como la fibrosis quística, la hemofilia y la talasemia. También es útil en la identificación de progenitores, en la medicina forense, y en criminalística, antropología y paleontología.

¿Se diferencian las aplicaciones terapéuticas de la medicina nuclear de las de la radioterapia? La radioterapia utiliza haces radiactivos de fuentes externas para destruir tejidos malignos. La medicina nuclear terapéutica trata de lograr la concentración fisiológica específica de radionucleidos emisores de partículas beta que, administrados por vía oral o intravenosa, tengan radiactividad suficiente para destruir de manera específica el tejido objetivo. En este caso, los proyectiles moleculares se transforman en "misiles dirigidos", moleculares de gran precisión. Si el punto de enlace del misil molecular radiactivo es un tumor canceroso, el objetivo es destruir específicamente y totalmente los tejidos malignos con una dosis muy radiactiva, casi sin afectar las células normales circundantes. Cuando el objetivo es extirpar parcialmente tejidos no malignos hiperactivos para restituir la química y el funcionamiento normales de órganos específicos, se emplean dosis terapéuticas de radiactividad más bajas. Tal es el caso cuando se administra yodo 131 para destruir el tejido hiperactivo del tiroides en el tratamiento del hipertiroidismo, y fósforo 32 para destruir la médula ósea hiperactiva que produce glóbulos rojos en exceso. Para destruir la metástasis de un cáncer del tiroides se necesitan dosis de yodo 131 diez veces mayores.

De igual forma, se emplean radionucleidos osteófilos para paliar el dolor de los pacientes con metástasis óseas de cánceres de mama o de próstata. Otra modalidad que se está investigando es la radioinmunoterapia, que utiliza anticuerpos monoclonales radiactivos específicos a modo de misiles dirigidos "mágicos" para destruir determinados tipos de cáncer y sus metástasis —como el melanoma, el linfoma y los cánceres de colon, de ovario y de

hígado— sin irradiar indebidamente los tejidos normales circundantes.

¿Son competitivos los costos de la medicina nuclear comparados con los de la radiología y otras formas de obtención de imágenes clínicas? La medicina nuclear no deja de ser costosa, pero su costo general es competitivo. Algunos procedimientos de obtención de imágenes médicas son más caros que otros. Por ejemplo, la PET es casi una cuestión de "ciencia ficción" —ciencia en los países industrializados y ficción en los países en desarrollo— ya que se necesita un ciclotrón en el lugar.

En términos generales, el costo del equipo que se emplea en medicina nuclear está a la par del costo del equipo radiológico y es inferior al de sistemas de obtención de imágenes avanzados, como la obtención de imágenes por resonancia magnética. Los costos de explotación de la medicina nuclear son, sin embargo, mayores que los de la radiología; esto se debe a la necesidad de contar con un suministro constante de radionucleidos y radiofármacos que, utilícense o no, se desintegran con el tiempo. Desde el punto de vista de los recursos humanos, un departamento de radiología tiene que tener un personal básico compuesto por radiólogos, técnicos y un experto en física médica. Los requisitos de la medicina nuclear son más amplios y multidisciplinarios, y abarcan a médicos nucleares, técnicos, radiofarmacéuticos, ingenieros en biomedicina y expertos en física médica e informática.

La medicina nuclear puede parecer costosa, pero si se aplica correctamente puede reducir de manera efectiva los costos de la atención sanitaria. La adopción de decisiones en situación de incertidumbre es lo que encarece la atención sanitaria. Una mayor certidumbre en las etapas iniciales de la enfermedad se traduce en mejor atención al paciente y reducción de los costos. Esta es precisamente la mayor ventaja de la medicina nuclear: el diagnóstico temprano permite prescribir oportunamente el tratamiento óptimo y elimina el peligro de complicaciones. Además, reduce los gastos en medicamentos, modalidades de diagnóstico más complejas, costosas y traumáticas y camas de hospital. Puede acortar también el período de recuperación de los pacientes y la ausencia de sus empleos.

Otras aplicaciones sanitarias de las radiaciones

¿Tiene la irradiación otras aplicaciones sanitarias? La irradiación es un método eficaz de esterilización bacteriológica. Muchos materiales médicos, como apósitos quirúrgicos, suturas, catéteres y jeringuillas, no pueden esterilizarse mediante vapor o calor seco porque incorporan materiales sensibles al calor, como, por ejemplo, bases plásticas. La esterilización mediante gas de óxido de etileno u otros productos químicos puede introducir residuos indeseables dañinos para la salud. Se ha comprobado que la esterilización de estos productos con rayos gamma de cobalto 60 es muy eficaz y barata. Los tejidos para injertos en las personas, como huesos, nervios, fascia, dura, válvulas de corazón y apósitos de corión para quemaduras, también se han

esterilizado mediante radiación gamma con buenos resultados. De ahí que ahora se utilicen más en la práctica clínica en muchos países en desarrollo.

Hay otras aplicaciones de la irradiación relacionadas con la salud que han sido promovidas con éxito por la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Agricultura y la Alimentación. Por ejemplo, la irradiación de alimentos puede matar organismos viables y microorganismos patógenos específicos, no esporágenos, como la salmonela, eliminando así de los alimentos muchos riesgos para la salud. Otra aplicación importante es la esterilización sexual de insectos en las campañas de erradicación de plagas que ponen en riesgo la salud, como el gusano barrenador del Nuevo Mundo y la mosca tsétsé.

¿Qué decir de la nutrición y los problemas ambientales relacionados con la salud? El principio de los trazadores ha sido fundamental para el estudio de todos los procesos que intervienen en la nutrición humana. El uso de isótopos estables de hidrógeno, carbono, nitrógeno y oxígeno es totalmente inocuo para la persona sometida a estudio porque no son radiactivos. Las técnicas analíticas nucleares se han empleado también para reunir información sobre la biodisponibilidad y la ingestión de distintos elementos en la dieta normal de personas de diversos países del mundo, obteniéndose nuevos e importantes datos útiles para establecer directrices en relación con la dieta. (Véase el artículo que comienza en la página 18.)

Las técnicas nucleares y el principio de los trazadores son también básicos para el estudio de la contaminación ambiental, que afecta la salud y el bienestar de millones de personas. El hecho de que los isótopos radiactivos y no radiactivos se puedan detectar en cantidades muy pequeñas y se pueda rastrear su trayectoria los convierte en instrumentos ideales para la búsqueda de contaminantes, ya sea en el aire, el agua o el suelo. Los isótopos no radiactivos pueden medirse con exactitud empleando métodos nucleares como el análisis por activación o la fluorescencia X. Otros métodos nucleares, como la radiación con haces de electrones, también pueden utilizarse con buenos resultados para eliminar contaminantes gaseosos, incluidos gases dañinos como el dióxido de azufre o el óxido de nitrógeno que emanan de las estaciones energéticas alimentadas con carbón.

¿Cuál es la función de la dosimetría de radiaciones en la sanidad humana? La precisión de las dosis es sumamente importante en todas las aplicaciones a las radiaciones. En el caso de las aplicaciones terapéuticas puede ser una cuestión de vida o muerte; una dosis inferior a la que se requiere aplicar puede ser insuficiente para el tratamiento y puede aumentar la resistencia a las radiaciones en los tejidos malignos; si es mayor puede producir complicaciones graves.

En la oncología radiológica moderna, se ha insistido en que la exactitud o, al menos la iteración en el suministro de la dosis, deben estar dentro de un margen del 5%. Con este fin, el OIEA y la OMS han creado 70 Laboratorios secundarios de calibración dosimétrica (LSCD) en países en desarrollo. Como la dosimetría exacta es un requisito indispensable de

la radioterapia, los dosímetros de los centros de radioterapia tienen que ser calibrados regularmente por los LSCD. Se comprueban anualmente mediante intercomparaciones organizadas por el Laboratorio de Dosimetría del OIEA. Además, en cooperación con la OMS, el OIEA brinda un servicio internacional de dosimetría a los centros de radioterapia. Los resultados de más de 700 centros de radioterapia demuestran que más del 10% de los pacientes con cáncer reciben dosis que difieren en más del 20% de las prescritas debido a la falta de equipo, personal, o capacitación adecuados. En el 70% de todos los hospitales que fueron objeto de una evaluación realizada recientemente, las desviaciones medias de sus mediciones de las dosis de radiación se redujeron del 20% al 5%. En la actualidad otros centros están mejorando sus mediciones. (Véase el artículo que comienza en la página 33.)

En el caso de algunas aplicaciones industriales, como la esterilización de materiales médicos y la irradiación de alimentos, se emplean dosis de radiaciones mucho más elevadas. Por intermedio de los LSCD se están aplicando técnicas recién desarrolladas para garantizar la dosis prescrita. Además, en ambos servicios se cuenta con un amplio programa que incluye la calibración de todos los instrumentos utilizados para la protección radiológica y la medición de dosis altas.

Transferencia de tecnología: Apoyo a las aplicaciones en los países en desarrollo

¿Están los países en desarrollo preparados para aplicar técnicas nucleares en materia de sanidad humana? Todo depende del nivel de desarrollo histórico de cada uno. No se debe olvidar el significativo papel que desempeñaron algunos países en desarrollo en el avance de la medicina nuclear, que es la más compleja de las aplicaciones médicas de la energía nuclear. En 1948, la Universidad de São Paulo, Brasil, fundó el primer Instituto Nacional de Medicina Nuclear; en los años cincuenta, en los países andinos (Argentina, Bolivia, Chile, Ecuador, Perú) y en México, mediante los primeros estudios sobre bocio endémico, se validó cabalmente el principio de los radiotrazadores como instrumento práctico para la investigación médica; a principios del decenio de 1960 se fundaron en países latinoamericanos las primeras sociedades nacionales de medicina nuclear después de la de los Estados Unidos; la primera federación regional de sociedades de la especialidad se fundó en América Latina en 1965, y ello estimuló la fundación de la Federación Mundial en México, D.F., en 1970. Muchos de los procedimientos utilizados en medicina nuclear se crearon originalmente en estos países durante el decenio de 1960 y a principios del de 1970.

Sin embargo, este comienzo optimista se interrumpió con la aparición simultánea de la crisis financiera internacional a fines del decenio de 1970 y los avances tecnológicos sin precedente de los países industriales durante el decenio de 1980. Estos acontecimientos cerraron todas las puertas al progreso de la medicina nuclear en los países en desarrollo, que hoy día necesitan urgentemente

ponerse a la par con el progreso y reducir la brecha tecnológica. Ahora bien, las firmas comerciales sólo producen equipo avanzado, muy costoso y complejo pero inapropiado para las condiciones de muchos países en desarrollo. Es preciso que esos países pongan mucho cuidado en *adaptar* las nuevas tecnologías a sus necesidades y condiciones y no *adoptar* tecnologías costosas e inadecuadas.

Las técnicas nucleares para la sanidad humana no dependen de una infraestructura nuclear compleja dentro del país, pero sí es fundamental disponer de una infraestructura *médica* razonable. La medicina nuclear es pertinente, pero sólo como apoyo a otras modalidades de diagnóstico básicas como el laboratorio clínico, la radiología de rutina y el ultrasonido. De igual forma, la radioterapia no podría ser eficaz para la cura del cáncer si no se sustenta en un sistema de diagnóstico temprano del cáncer, o si no se cuenta con oncólogos y quimioterapeutas. En estos casos, se podría utilizar principalmente para aliviar el dolor y algunos síntomas, pero a la larga el paciente morirá de cáncer.

Entre los beneficiarios de las asistencias en las aplicaciones nucleares médicas con apoyo del OIEA se cuentan los profesionales de la salud del Perú.

Transformación para hacer frente a los retos

Durante el último decenio, los programas del OIEA en apoyo a las aplicaciones nucleares relacionadas con la sanidad humana han evolucionado para hacer frente a las nuevas realidades. El cambio se refleja en la estructura orgánica, así como en la

formulación de proyectos con objetivos más concretos. En agosto de 1993 la División de Ciencias Biológicas desapareció del organigrama del OIEA. En su lugar surgió un nombre nuevo, la División de Sanidad Humana, cuyo personal se agrupa en cuatro secciones: medicina nuclear; radiobiología y radioterapia aplicadas; dosimetría; y estudios nutricionales y del medio ambiente relacionados con la salud humana.

¿Por qué este cambio de nombre? El antiguo nombre resultaba inapropiado y se prestaba a confusión porque sus subprogramas ya no estaban relacionados con la biología animal y vegetal, esferas que abarcaba la antigua División de Ciencias Biológicas. Esos subprogramas han caído de lleno en el ámbito de la División Mixta OIEA/FAO. Además, el nuevo nombre tendría la ventaja adicional de ayudar a posibles contrapartes —principalmente de institutos médicos— a identificar los objetivos de la División con los suyos propios. Este cambio pone al OIEA en mejores condiciones para marchar a la par del progreso y preparar estrategias a mediano plazo en relación con las aplicaciones nucleares para la sanidad humana. Entre estas estrategias se incluye la creación de mecanismos que permitan llegar a la mayoría de los usuarios de instrumentos médicos nucleares en los países en desarrollo.

¿Competirá la División con la OMS? De seguro que no. Las prioridades de la OMS recaen en el saneamiento y la prevención de enfermedades. Eso significa que el OIEA es el único organismo internacional con mandato directo para promover las aplicaciones de la energía nuclear en la sanidad humana, centradas fundamentalmente en el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades. El OIEA, que mantiene excelentes relaciones de larga data con la OMS, suele solicitar su consejo y, con frecuencia, coordina sus proyectos con los de esta organización, sus oficinas regionales, como la OPS, y otros organismos internacionales que se ocupan de la sanidad humana o el medio ambiente.

Nuevas estrategias del OIEA

Las aplicaciones médicas de las técnicas nucleares sólo son útiles cuando están disponibles en el momento en que se necesitan para atender al paciente, y cuando proporcionan resultados fiables a los clínicos. En consecuencia, el OIEA está haciendo más hincapié en crear mecanismos que permitan llegar a la mayor parte de los usuarios de estas aplicaciones, con el fin de promover la *garantía de calidad clínica* y aumentar la *disponibilidad* de aplicaciones nucleares en los países en desarrollo.

La disponibilidad sólo podrá aumentarse reduciendo los costos. Los programas de cooperación técnica y los programas coordinados de investigación están especialmente concebidos para aumentar las capacidades autóctonas de producción de reactivos para radioinmunoanálisis, generadores de tecnecio 99m y radiofármacos. También se apoya a los centros nucleares para que produzcan radionucleidos de utilidad médica a fin de que estén disponibles a bajo costo en cada región.



Por intermedio de convenios técnicos se ha desarrollado una interfaz de soportes físicos para enlazar cualquier cámara gamma con una computadora personal, y un soporte lógico de procesamiento para la obtención de imágenes en medicina nuclear. Este sistema poco costoso se está evaluando en Viena y se empleará para mejorar aproximadamente 1000 cámaras gamma analógicas antiguas en países en desarrollo con objeto de llevarlas a la era digital. Se inició una encuesta mundial de cámaras gamma y se han elaborado programas regionales para certificar que el mantenimiento preventivo y las reparaciones de fallas estén integrados en las verificaciones de control de calidad. Esta política reducirá el tiempo inactivo de los instrumentos y aumentará su vida productiva. Se ha logrado persuadir a los fabricantes a que produzcan instrumentos sencillos y de bajo costo para la medicina nuclear y la radioterapia con tecnología actual.

Pero, se prevé que los proyectos que más repercusión tendrán en los países en desarrollo serán los destinados a llegar a todos los usuarios de las técnicas nucleares para la sanidad humana en los países en desarrollo. Estos proyectos se ejecutan por conducto de asociaciones simbióticas del OIEA con la OMS/OPS y autoridades médicas nacionales, así como con sociedades médicas regionales y nacionales y firmas comerciales. El objetivo es establecer redes coordinadas a fin de mejorar la eficacia clínica de las técnicas nucleares para la preservación y el mejoramiento de la sanidad humana sobre una base nacional, regional y mundial.

El primer intento culminó con el establecimiento del Consejo Iberoamericano de Médicos Nucleares, fundado bajo los auspicios del OIEA en Bogotá, Colombia, el 15 de octubre de 1993. El Consejo quedó constituido por seis ex presidentes de la Asociación Latinoamericana de Sociedades de Medicina Nuclear y Biología, un Comité de Examinadores integrado por diez expertos en distintas esferas de la medicina nuclear que gozan de reconocimiento internacional, y Gobernadores nacionales que representan al Consejo en cada país. Esta red actuará como un sistema externo de control de calidad con vista a mejorar los niveles de la enseñanza para graduados universitarios en medicina nuclear de América Latina, España y Portugal. Realizará exámenes para comprobar los conocimientos de candidatos voluntarios y expedirá certificados a quienes considere calificados para la práctica clínica de la medicina nuclear. Estos certificados se revalidarán cada cinco años mediante evaluaciones curriculares individuales para asegurar que el titular se mantiene al tanto de los progresos que se realizan en su especialidad. El certificado inspirará confianza a los pacientes e instituciones, y prestigiará al médico que lo posea. Su revalidación periódica promoverá la participación más amplia y activa de los médicos nucleares en actividades científicas y académicas, que son los mejores expedientes para el avance de una especialidad en cualquier país.

Se prevé iniciar otras dos asociaciones similares con la Federación de Medicina Nuclear de Asia y Oceanía. Una de las redes se destinará a métodos interactivos de larga distancia para la capacitación y certificación de técnicos en medicina nuclear. La

otra es una Asociación de Usuarios de Cámaras de Centelleo para la vigilancia de los servicios de mantenimiento y reparación de instrumentos de medicina nuclear prestados por firmas comerciales de la región.

Estas nuevas estrategias, que complementan los métodos tradicionales empleados por el OIEA durante decenios, son expresión de las valiosas características de una organización flexible y dinámica. Al poder responder a las condiciones cambiantes, el OIEA ha consolidado sus esfuerzos por aumentar la eficacia y la calidad de las aplicaciones médicas de las técnicas nucleares en los países en desarrollo.

Algunos aspectos de la relación entre la salud y el medio ambiente

Por conducto de proyectos que el OIEA apoya, los investigadores estudian los efectos que surten sobre la sanidad humana los cambios de las condiciones ambientales

por
Gopinathan Nair,
Robert M. Parr,
y **John Castelino**

El desarrollo sostenible del medio ambiente, en todas sus formas, es algo más que un concepto relacionado con la protección de los frágiles ecosistemas de la Tierra. En el caso de las personas, es la receta para una mejor salud. Por ejemplo, miles de millones de personas en todo el mundo padecen problemas de salud a causa de la contaminación atmosférica que genera la industria, de la exposición a metales y desechos tóxicos, y de parásitos mortíferos que se adaptan rápidamente a las condiciones ambientales insalubres. A medida que mejore la salud del planeta gracias a la política de desarrollo sostenible, también mejorará la salud de sus habitantes.

El OIEA trabaja de diversas formas con organizaciones nacionales e internacionales para ampliar la comprensión científica sobre las relaciones entre el medio ambiente y la sanidad humana. En la búsqueda de respuestas a preguntas complejas y desconcertantes, con frecuencia se utilizan tecnologías nucleares y otras conexas. En este artículo se destaca parte de ese trabajo, ilustrando la magnitud de los problemas y de las posibles soluciones.

Contaminación atmosférica: "Ventana" nuclear para el pulmón urbano

La humanidad se ha beneficiado mucho con la industrialización. En muchos países la vida se ha hecho más organizada, cómoda y productiva. Simultáneamente, la industrialización ha traído sus males, entre ellos la urbanización, que ha hecho del medio ambiente su primera víctima. De todos los cambios del medio ambiente mundial que hoy amenazan tan siniestramente a la humanidad, la contaminación atmosférica es uno de los más importantes habida cuenta de su efecto sobre la sanidad humana. La contaminación es el resultado de la suma de las personas con la actividad económica, dos elementos que crecen a un ritmo acelerado.

El Dr. Nair es Jefe de la Sección de Medicina Nuclear de la División de Sanidad Humana del OIEA, de la cual el Sr. Castelino es funcionario superior. El Sr. Parr es Jefe de la Sección de Estudios de la Nutrición y de Estudios del Medio Ambiente relacionados con la Salud, perteneciente a la misma División.

Esta situación coloca a los países en desarrollo ante un dilema: necesitan impulsar vigorosamente la industrialización para hacer crecer la economía y, al mismo tiempo, no cuentan con recursos que les permitan instalar sistemas adecuados de seguridad industrial para mantener la contaminación bajo control. Ante la disyuntiva de estas dos necesidades contrapuestas —rápido crecimiento económico y protección ambiental— la mayoría de los países en desarrollo cede a las presiones de la economía. Recientemente los gobiernos empezaron a encarar los peligros propios de la contaminación, pero en muchos de esos países no se cumplen estrictamente las reglas que rigen la seguridad ambiental.

Asia ofrece un ejemplo impresionante de esta incierta situación. En el mundo existen sólo 13 ciudades con más de 10 millones de habitantes, de las cuales siete están en Asia. Aproximadamente mil millones de personas viven en atestadas y caóticas ciudades de ese continente. De las siete ciudades con la peor contaminación atmosférica del mundo, cinco están en Asia.

La contaminación atmosférica es el peor de los insultos ambientales debido a su posible movimiento transfronterizo. Es producida fundamentalmente por la combustión de combustible fósil en vehículos automotores y centrales energéticas, el humo proveniente de cocinas que queman madera, incineradores, chimeneas industriales, etcétera, y el polvo procedente de productos agrícolas, trabajos de construcción y actividades de minería, por ejemplo. Los contaminantes suelen ser el plomo, el dióxido de azufre, el ácido sulfúrico y los sulfatos, los óxidos de nitrógeno, el ozono y los contaminantes fotoquímicos, el monóxido de carbono, los compuestos orgánicos volátiles y materia orgánica en forma de partículas finas dispersas, incluidos los aeroalérgenos. Todos esos contaminantes, cuando rebasan determinada concentración, son peligrosos para la salud.

Los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud han sido muy bien documentados desde el famoso incidente de la niebla de Londres ocurrido en 1952. Se estima en alrededor de 4000 el número de muertes derivadas de ese incidente, que dejó categóricamente establecida la relación directa entre una contaminación atmosférica elevada y la tasa de mortalidad. Se han comunicado aumentos de

la mortalidad incluso a niveles de contaminación inferiores en muchos estudios realizados desde que ocurrió el caso de Londres. Los informes sobre episodios de contaminación atmosférica indican, además, un aumento de los ingresos en hospitales de emergencia debido a enfermedades respiratorias y cardiovasculares, así como de las solicitudes de prestaciones a trabajadores por riesgos sanitarios. Las pruebas de laboratorio sobre funcionamiento pulmonar demuestran que durante los episodios de contaminación atmosférica aumenta el volumen de respiración forzada por segundo (FEVI). Los valores de FEVI varían de una región a otra con distintos niveles de contaminación atmosférica.

Todavía no está claro el mecanismo subyacente de aumento de la mortalidad y la morbilidad a causa de la contaminación atmosférica. Esta puede aumentar la permeabilidad pulmonar y provocar edema pulmonar, o sea, acumulación de líquido en los pulmones, lo cual obstaculiza el intercambio gaseoso en los alvéolos pulmonares y ocasiona falta de oxígeno en el organismo. Se sabe que las personas que padecen enfermedades agudas y crónicas de las vías respiratorias son más sensibles a las partículas de contaminantes atmosféricos.

Los mecanismos de defensa habituales del organismo —como la membrana ciliada y la inmunoglobulina presente en la mucosa que recubre las vías respiratorias— no protegen los pulmones contra los contaminantes del aire inhalado. A lo sumo, puede que las partículas grandes se alojen en las membranas cubiertas de mucosas de las vías respiratorias superiores y no lleguen a las partes más profundas de los pulmones. Las sensaciones subjetivas de molestia en las vías respiratorias y de falta de aire son los síntomas comunes de una fuerte exposición al aire contaminado.

La contaminación atmosférica exacerba las enfermedades ya existentes, lo que reduce al mínimo las posibilidades de recuperación y es particularmente perjudicial para los pacientes de enfermedades crónicas como la bronquitis, el asma y los problemas cardiovasculares. Las personas de más edad corren más riesgo de ser afectadas que los jóvenes.

El peligro que se deriva de la contaminación atmosférica tiene que ver, en gran parte, con las llamadas partículas PM10, que son partículas pequeñas y finas capaces de penetrar profundamente en los pulmones. Su fuente principal, aunque no la única, son las emisiones de gases de escape de los vehículos automotores. Cálculos realizados no hacen mucho pensar que los gases de escape provocan todos los años la muerte de cerca de 60 000 personas en los Estados Unidos y de unas 10 000 en el Reino Unido. No se conoce muy bien cuál es la situación en otros países pero según los datos disponibles es probable que el problema esté muy extendido.

Necesidad de biomarcadores. La exposición del ser humano al monóxido de carbono, por ejemplo, puede calcularse midiendo la concentración de monóxido de carbono en la atmósfera o bien la carboxihemoglobina en la sangre. De igual manera, la exposición al plomo presente en la atmósfera puede calcularse a partir de las concentraciones medias de plomo en la sangre y la orina de la población expuesta. Esos biomarcadores pueden ayudar a los

médicos a evaluar el riesgo de la enfermedad. Sin embargo, actualmente no existen biomarcadores de los efectos pulmonares de la exposición al aire contaminado.

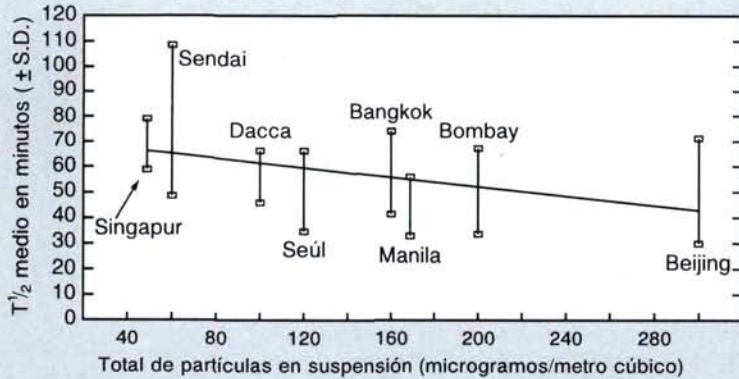
No obstante las técnicas nucleares ayudan a llenar este vacío al proporcionar instrumentos para la investigación científica. Esas técnicas se han utilizado en estudios de pulmones y vías respiratorias durante los últimos tres decenios. Los datos obtenidos permiten, por ejemplo, identificar y cuantificar fuentes importantes de contaminación.

Por otra parte, el empleo de radionucleidos como trazadores ayuda a los investigadores a estudiar las funciones respiratorias pulmonares, a saber, la perfusión sanguínea y la ventilación en los pulmones. No fue hasta hace poco que funciones no respiratorias como la depuración mucociliar y la permeabilidad pulmonar, atrajeron la atención de los investigadores clínicos. Una de las investigaciones realizadas consiste en obtener imágenes de los pulmones usando la técnica de escintilografía por aerosoles con tecnecio 99m DTPA (ácido dietileno-triamino pentacético). Esta técnica —que se utiliza para medir la permeabilidad de la membrana capilar-alveolar— es una prueba muy rápida, segura y sencilla que puede realizarse en cualquier departamento de medicina nuclear. El paciente inhala el aerosol de un sistema de suministro durante cinco minutos aproximadamente, y luego se observa la depuración de la radiactividad en los campos pulmonares mediante un sistema de cámara gamma computarizada. Se emplean mediciones para determinar el tiempo que demora la depuración de la mitad de la radiactividad inicial de los pulmones. Cualquier lesión microvascular alveolar de los pulmones modificará la permeabilidad y ello se reflejará en la tasa de depuración pulmonar. La técnica se ha venido aplicando sistemáticamente en una amplia variedad de enfermedades pulmonares que se caracterizan por inflamación difusa del pulmón, lo cual provoca lesiones microvasculares alveolares.

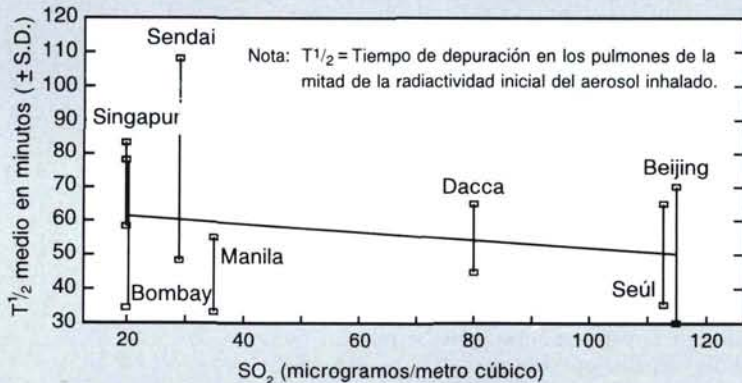
La técnica de la escintilografía por aerosoles fue utilizada por los investigadores que participaron en un programa coordinado de investigación (PCI) del OIEA sobre la obtención de imágenes pulmonares mediante inhalación de aerosoles. Los investigadores estudiaron específicamente los efectos de la contaminación atmosférica urbana en los pulmones. Personas de 10 ciudades asiáticas —Dacca, Beijing, Bombay, Bandung, Sendai, Seúl, Lahore, Manila, Singapur y Bangkok— se ofrecieron voluntariamente para el estudio. Ninguno de ellos fumaba ni presentaba síntomas de afección de las vías respiratorias, sus radiografías de tórax eran normales y fueron sometidos a pruebas espirométricas normales de la función pulmonar. El sistema de suministro de aerosoles empleado en el estudio se diseñó y fabricó en el Centro de Investigaciones Atómicas de Bhabha (BARC) en Bombay, y fue ensayado y validado para los estudios de inhalación de aerosoles. El estudio también incluyó la compilación de datos anuales sobre la calidad del aire de las 10 ciudades, a saber, total de partículas en suspensión (TSP), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y ozono.

**Resultado de la investigación realizada en Asia y el Pacífico con el apoyo del OIEA:
Efectos de la contaminación atmosférica sobre la permeabilidad pulmonar**

Total de partículas en suspensión

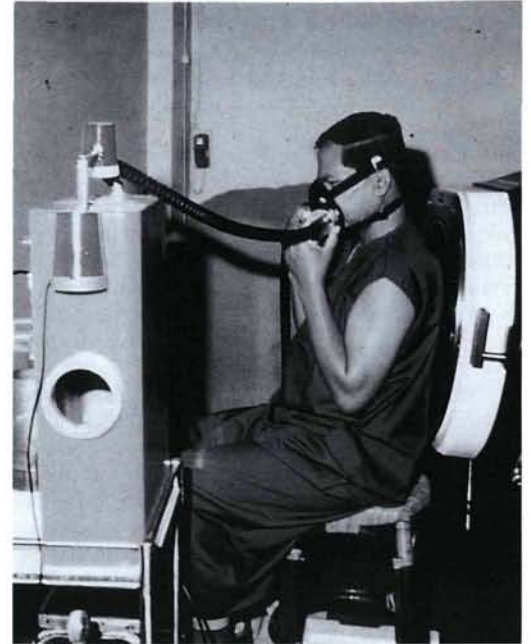


Dióxido de azufre



Los resultados demostraron que existe una señal de alteración de la función pulmonar, a saber, la permeabilidad pulmonar, respecto de la concentración de contaminantes en el aire. Ello resultó evidente sobre todo con las concentraciones del TSP —el contaminante que más efecto tiene sobre los pulmones— y la concentración de SO₂. De acuerdo con los resultados, es lógico suponer que la alteración de la permeabilidad se debió a una posible lesión pulmonar provocada por la exposición prolongada a la contaminación del aire ambiente, ya que las personas estudiadas eran adultos sanos que no fumaban. Por tanto, las pruebas son un medio que permite avizorar los efectos de la contaminación del aire urbano en los pulmones. Ahora bien, para poder llegar a conclusiones definitivas habrá que realizar un seguimiento de los resultados del estudio.

En algunos aspectos, esta investigación realizada con el apoyo del OIEA ha abierto nuevas vías al proporcionar un método cuantitativo para ensayar los efectos de la contaminación ambiental sobre la fisiología del pulmón humano. Como los pulmones son los órganos principales que están expuestos directamente al medio ambiente, ya es posible asociar con más exactitud el deterioro de la función pulmonar con la incidencia de trastornos de las vías



Uno de los participantes en un estudio sobre contaminación atmosférica apoyado por el OIEA inhala un aerosol radiomarcado para medir la permeabilidad de sus pulmones.

respiratorias. Esto allana el camino para comprender mejor los mecanismos a través de los cuales la contaminación atmosférica afecta la salud.

Por intermedio de sus programas de investigación y cooperación técnica, el OIEA apoya una serie de estudios sobre diversos aspectos de la contaminación atmosférica, el medio ambiente y la salud. En 1995, por ejemplo, se prevé ampliar un proyecto en curso que cuenta con la participación conjunta del OIEA, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y países del Acuerdo de Cooperación Regional del OIEA para la región de Asia y el Pacífico. El objetivo general del proyecto será el empleo de isótopos y radiaciones para mejorar la tecnología y apoyar el desarrollo ecológicamente sostenible. En la actualidad 15 países de la región de Asia y el Pacífico participan en este proyecto, que también incluye estudios relativos a los sedimentos y los suelos, las masas de agua y los biodetectores.

Metales pesados tóxicos: Estudios de las exposiciones del ser humano a través de los alimentos y el agua

Durante siglos se han extraído y refinado metales pesados tóxicos como el plomo y el mercurio. Lamentablemente, con el decursar del tiempo el medio ambiente, incluidos los alimentos y el agua potable, se ha contaminado con estos y otros elementos. (Véase el cuadro.) Algunos investigadores creen incluso que la toxicidad del plomo fue uno de los factores que intervinieron en la caída del imperio romano. Lo cierto es que los hombres han venido contribuyendo a la contaminación a largo plazo del planeta con plomo desde antes de la era

cristiana, como quedó demostrado recientemente en un análisis de muestras de hielo de Groenlandia.

Hoy día, el componente humano sigue siendo el más importante del ciclo biogeoquímico global de los metales pesados tóxicos. Además, la toxicidad total anual de todos los metales puestos en circulación actualmente por las actividades del hombre *excede la toxicidad total combinada de todos los desechos radiactivos y orgánicos generados cada año**.

Por tanto, es lógico que muchos programas nacionales e internacionales destinados a evaluar la exposición de las personas a los contaminantes ambientales asignen una alta prioridad al estudio de los metales pesados tóxicos. En lo que respecta a las Naciones Unidas, muchos de esos programas caen dentro del marco del "Programa 21", un grupo de actividades relacionadas con el desarrollo sostenible que se derivaron de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, celebrada en 1992.

Programas apoyados por el OIEA. El arsénico, el cadmio, el cobre, el plomo y el mercurio, entre otros elementos tóxicos, se pueden estudiar mediante diversas técnicas nucleares y otras técnicas conexas. Entre las principales técnicas que se utilizan a ese efecto figuran el análisis por activación neutrónica, el análisis por fluorescencia X basado en la dispersión de la energía, la emisión de rayos X inducida por partículas y la espectrometría de masas por plasma inductivamente acoplado, y diversos estudios con trazadores isotópicos. El OIEA apoya por diversas vías la labor que se realiza en esferas específicas de investigación. (Véase el recuadro de la página 14.)

Una de las aplicaciones más útiles de las técnicas analíticas nucleares es la relacionada con el empleo de "biodetectores". El cabello humano es un ejemplo de biodetector que tiene aplicaciones históricas y ambientales. (Todavía se sigue debatiendo, por ejemplo, si Napoleón murió por envenenamiento con arsénico y si ello se puede establecer mediante el análisis de algunas muestras de cabello supuestamente tomadas de su cadáver.)

Una aplicación más "viva" del análisis del cabello se demuestra en un programa de investigación en curso que recibe apoyo del OIEA, en el cual el cabello se utiliza para observar la exposición al mercurio de mujeres embarazadas y sus hijos recién nacidos. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha propuesto que los niveles de mercurio en el cabello no excedan de 4 a 6 microgramos por gramo, pues de lo contrario hay riesgo de lesión neurológica para el recién nacido. Los trabajos realizados por el OIEA han demostrado que ese nivel se sobrepasa en grupos poblacionales de varios países en desarrollo. Por lo general la exposición se debe al consumo de pescado contaminado. Los niveles particularmente elevados (como los registrados en algunos sujetos que habitan en la cuenca amazónica, en el Brasil) probablemente están vincu-

Metales pesados característicos del medio ambiente, y algunos límites para la exposición de las personas a los mismos

	Límite para el aire ¹	Límite para el agua potable ²	Dosis semanal tolerable provisional ³	Principales fuentes de exposición
Arsénico	0 ⁴	10 µg/L	14 µg/kg de peso corporal	Agua potable contaminada
Cadmio	10 a 20 ng/m ³	3 µg/L	aprox. 7 µg/kg de peso corporal	Ocupación; hábito de fumar cigarrillos
Cobre	—	1 mg/L	0,35 a 3,5 mg/kg de peso corporal	Agua potable contaminada
Plomo	0,5 a 1 µg/m ³	10 µg/L	50 µg/kg de peso corporal	Ocupación; pica ⁵ ; deposición de productos del petróleo con plomo
Mercurio	1 µg/m ³	1 µg/L	5 µg/kg de peso corporal como total de mercurio 3,3 µg/kg de peso corporal como metilmercurio	Pescado contaminado; ocupación

¹ Valor indicativo del límite máximo de concentración como media temporal ponderada durante un año (OMS).

² Valor indicativo del límite máximo de concentración en agua potable (OMS).

³ Dosis semanal máxima aceptable en adultos (OMS/FAO). El valor citado debe multiplicarse por el peso corporal en kilogramos para obtener el total de la dosis semanal máxima aceptable por individuo.

⁴ Se considera que el arsénico a cualquier nivel constituye un factor de riesgo de cáncer.

⁵ Pica es el hábito de comer arcilla, tierra, polvo, y otros productos no comestibles. Es una fuente importante de ingestión de plomo en los lactantes que viven en medios contaminados, sobre todo en viviendas pintadas con pinturas antiguas a base de plomo.

lados al uso de mercurio en la extracción y depuración de oro. El proyecto también incluye estudios del componente orgánico más importante del mercurio, el metilmercurio.

Enfermedades transmisibles y medio ambiente: Adaptación a los cambios

El desarrollo socioeconómico debe traducirse en mejor salud y calidad de vida para las personas. Hasta hace poco, sin embargo, el desarrollo muchas veces se consideraba un sinónimo de degradación ambiental, contaminación y aumento de la incidencia de enfermedades, así como de empeoramiento de la calidad de la vida de por lo menos un sector de la población a la que debía beneficiar. Ultimamente, por suerte, se reconoce cada vez más que el mejoramiento de la salud y de la calidad de la vida debe marchar parejo al desarrollo sostenible o, de lo contrario, las consecuencias negativas serán inevitables.

Por ejemplo, los planes de desarrollo agrícola pueden ocasionar cambios del medio ambiente que den pie a la transmisión de enfermedades. La represa de Aswan y sus planes de riego asociados han aumentado la producción de algodón y cereales. No obstante, también ha aumentado la incidencia de la bilharziasis (o esquistosomiasis, una grave enfermedad debilitante que según cálculos de la OMS aqueja a 200 millones de personas en más de 70

* Medida por la cantidad de agua que se necesita para diluir desechos radiactivos y orgánicos hasta que la misma adquiera calidad de agua potable. Véase el artículo de J.O. Nriagu y J.P. Pacyna, *Nature*, Vol. 3,33 (mayo de 1988).

Selección de programas coordinados de investigación del OIEA en que se utilizan técnicas nucleares en estudios del medio ambiente relacionados con la salud

Años	No. *	Título
1984-1989	14	Importancia del análisis de los minerales presentes en el cabello como medio de evaluar las cargas corporales internas de contaminantes ambientales
1984-1990	14	Incorporación diaria por vía de la dieta humana de oligoelementos importantes desde el punto de vista nutricional medidos por técnicas nucleares y de otra índole
1985-1990	11	Técnicas nucleares para medir elementos tóxicos en los alimentos (Región RCA)
1987-1992	20	Uso de técnicas nucleares y técnicas conexas para el estudio de la contaminación ambiental asociada a los desechos sólidos
1987-1992	10	Técnicas analíticas nucleares para el análisis de oligoelementos en productos agroindustriales y alimentos (Región ARCAL)
1990-1995	10	Evaluación de la exposición ambiental al mercurio en poblaciones humanas seleccionadas estudiadas mediante técnicas nucleares y de otra índole
1992-1997	19	Investigación aplicada sobre la contaminación atmosférica empleando técnicas analíticas relacionadas con técnicas nucleares
1996-2000		Evaluación de los contaminantes ambientales empleando técnicas de radioinmunoanálisis y otras técnicas conexas
1995-2000		Estudios sobre vigilancia y sanidad en el trabajo empleando técnicas analíticas nucleares y técnicas conexas
1995-2000		Materiales de referencia secundarios (regionales) para estudios sobre el medio ambiente**
1995-2000		Vigilancia biológica del medio ambiente y creación de bancos de especímenes para los países en desarrollo**

* Cantidad de países participantes

** De acuerdo con la disponibilidad de recursos extrapresupuestarios.

Nota: Para una reseña más detallada de la labor realizada por el OIEA en este campo véanse las Actas del Simposio del OIEA celebrado en Karlsruhe, Alemania, en 1992, sobre *Applications of Isotopes and Radiation in Conservation of the Environment*. Para obtener la información necesaria para efectuar pedidos, véase en el presente Boletín la sección "Publicaciones"

países) ya que los caracoles vectores de la enfermedad se multiplican en los canales de riego. Asimismo, en Kenya el plan de riego de Mwea-Tebere permitió al país alcanzar la autosuficiencia en arroz, pero trajo a la zona la malaria (enfermedad que según cálculos de la OMS afecta a casi 300 millones de personas en un total de 103 países) al trasladarse a Mwea-Tebere emigrantes de las zonas circundantes y mosquitos de la cuenca inferior del río Tana. En el Brasil, la apertura de la Amazonia ha provocado un aumento enorme de la leishmaniosis y la malaria. Los flebotomos, que eran un componente del ciclo silvestre de la leishmaniosis, y el mosquito vector de la malaria, entraron en contacto con pobladores mal preparados desde el punto de vista inmunológico que procedían de ciudades del Brasil y que acudieron a la Amazonia a explorar nuevas posibilidades, sólo para verse convertidos en nuevos objetivos de los agentes patógenos de dichas enfermedades.

En zonas como las selvas del Brasil y Colombia, muchas veces no se dispone de información sobre cuál de las varias especies de mosquito que allí existen son vectores de la malaria humana. A principios del decenio de 1980 se elaboró una técnica que ayuda a luchar contra esa enfermedad —un ensayo inmunoradiométrico (IRMA) que emplea un anticuerpo monoclonal marcado con yodo 125 contra los esporozoítos, para enlazar antígenos del esporozoítos (la fase infecciosa del agente patógeno de la malaria del cual son portadores los mosquitos).

Con ese método se distinguen los esporozoítos de *Plasmodium falciparum* y *P. vivax* —las dos formas más comunes de malaria humana— de los que infectan a los primates y otros animales. Por tanto, se identifica claramente la especie de mosquito portador de la malaria humana. El estudio ulterior de la ecología y etología del vector permite formular métodos de lucha eficaces desde el punto de vista de los costos. Por consiguiente, una especie que se cría y permanece en las casas y alrededor de ellas y que se alimenta de seres humanos puede combatirse rociando las casas con plaguicidas como el DDT. Ahora bien, si el vector fuera un mosquito que habitara en la selva, esa clase de estrategia sería ineficaz.

La técnica IRMA utilizada con el antígeno de la malaria NANP, permite medir en los seres humanos los niveles de anticuerpos contra los esporozoítos. Ese anticuerpo se produce en respuesta a la inoculación con esporozoítos por conducto de las picadas de los mosquitos. Por ser de período corto, el anticuerpo evidencia la transmisión de malaria en los tres a seis meses anteriores. El ensayo puede emplearse para comparar las intensidades de transmisión de la malaria en distintas zonas, y para detectar los cambios resultantes de la modificación del medio ambiente o de la aplicación de medidas de control.

La industrialización y la migración que ésta propicia de las zonas rurales hacia las ciudades despiertan preocupaciones sobre la salud que van más allá de las directamente relacionadas con la contaminación atmosférica que provocan los vehículos automotores y la industria. Con frecuencia eso significa que los emigrantes se concentran en barrios insalubres donde el hacinamiento y la falta de higiene pueden provocar el aumento de las enfermedades diarreicas, micobacterianas y de otros tipos.

El fácil acceso a las farmacias que existe en muchos centros urbanos puede además conducir al uso indebido de medicamentos y al surgimiento de cepas de patógenos resistentes a ellos. Al trasladarse a las ciudades, las personas traen consigo vectores y enfermedades que hasta entonces habían estado confinados a regiones rurales. Así, por ejemplo, en algunos países de América Latina la enfermedad de Chagas ha penetrado en las ciudades. La principal vía de transmisión ya no es la Triatoma, sino los bancos de sangre, donde los pobres venden su sangre junto con las enfermedades de que es portadora.

Un diagnóstico eficaz puede ayudar a la lucha contra la enfermedad. En los laboratorios que se encargan del diagnóstico de enfermedades transmisibles, el primer análisis del material clínico normalmente se realiza en microscopio y mediante cultivo. Ambas técnicas carecen de sensibilidad y especifi-

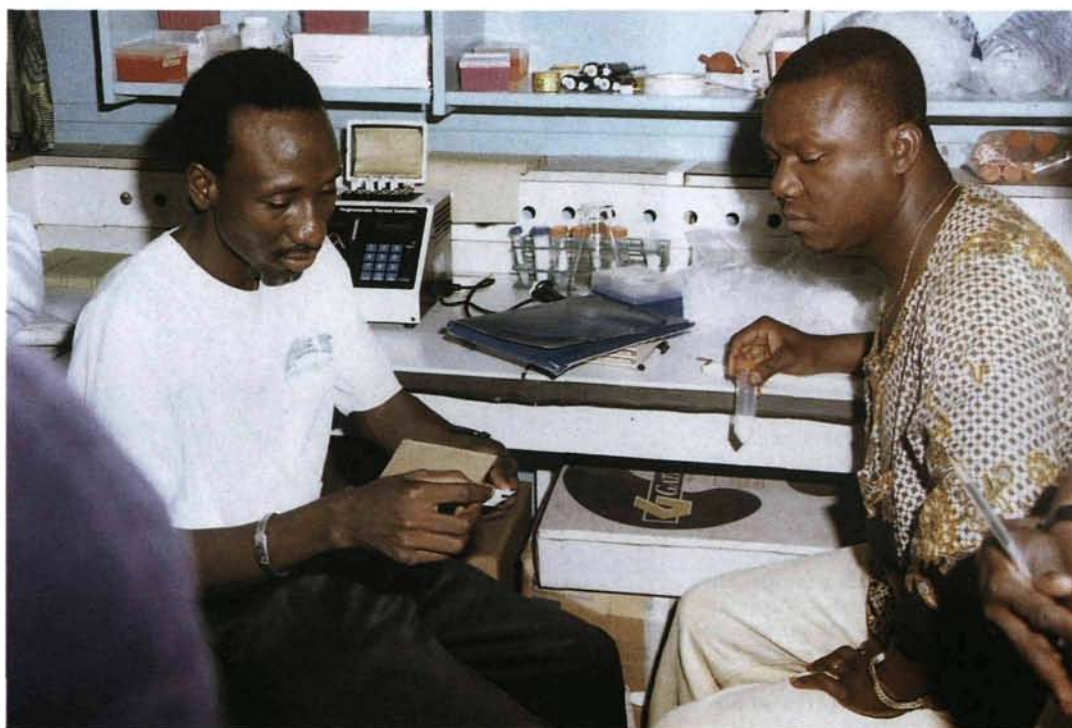
cidad. Además, generalmente los métodos de cultivo son lentos y laboriosos y es posible que algunos agentes patógenos no crezcan en los cultivos. La necesidad de realizar un diagnóstico rápido se satisface en parte mediante ensayos inmunológicos como el radioinmunoanálisis, en el cual el reactivo indicador se marca con yodo 125. Si bien esos ensayos inmunológicos son sensibles, a veces carecen de especificidad. Así ocurre en particular en los países en desarrollo, donde ensayos que en los países industrializados se catalogan de "muy específicos", no son tan eficaces contra la multitud de microorganismos prevalentes en muchas regiones en desarrollo.

En ocasiones, los adelantos técnicos en las ciencias permiten dar saltos de avance en el conocimiento y aumentan las posibilidades de innovación. En la investigación biomédica se ha registrado un cambio revolucionario de ese tipo con el desarrollo de la técnica del ADN, que ha abierto las puertas a una gama de posibilidades biológico-moleculares. El ADN se puede clonar; y amplificar; y es posible determinar la secuencia de los nucleótidos. Se pueden sintetizar porciones de ADN y utilizar esos fragmentos como sondas moleculares que se enlazan con alta especificidad con secuencias complementarias de ADN. El éxito de una sonda de ADN se debe a que puede marcarse con radisótopos de alta actividad específica y así el microbiólogo puede detectar el enlace de la sonda con el ADN que constituye el objetivo complementario de un organismo específico. Las sondas de ADN identifican agentes patógenos que van desde virus hasta helmintos en diversos especímenes clínicos.

El éxito de un ensayo con sonda depende en parte de la cantidad de organismos que contiene el espécimen clínico. Algunas enfermedades —como la meningitis tuberculosa, la lepra y la enfermedad de Chagas— se destacan por los pocos agentes patógenos presentes en los especímenes clínicos. En esos casos el microbiólogo utiliza otro aspecto de la técnica del ADN: la amplificación del ADN mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). La PCR es un método *in vitro* de síntesis enzimática de ADN específico.

Las técnicas moleculares ofrecen grandes posibilidades de resolver problemas clínicos propios de las enfermedades transmisibles. Se usan cada vez más en los países adelantados, donde constituyen la columna vertebral de los laboratorios de diagnóstico. Como muchas de esas técnicas exigen el empleo de trazadores de radionucleidos, el OIEA está participando activamente en la transferencia de la tecnología conexas a los países en desarrollo por intermedio de programas que apoyan las investigaciones, la capacitación y la difusión de información.

Con el tiempo, esas técnicas, entre otras, desempeñarán un mayor papel a nivel mundial en el estudio, la prevención y el control de las enfermedades transmisibles que encuentran la forma de adaptarse a los cambios de las condiciones ambientales.



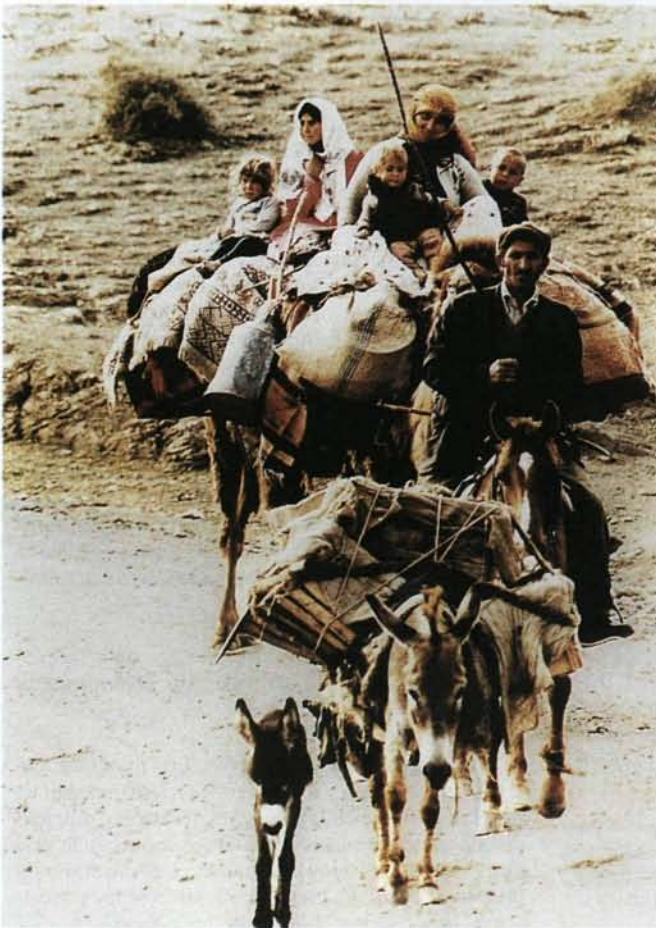
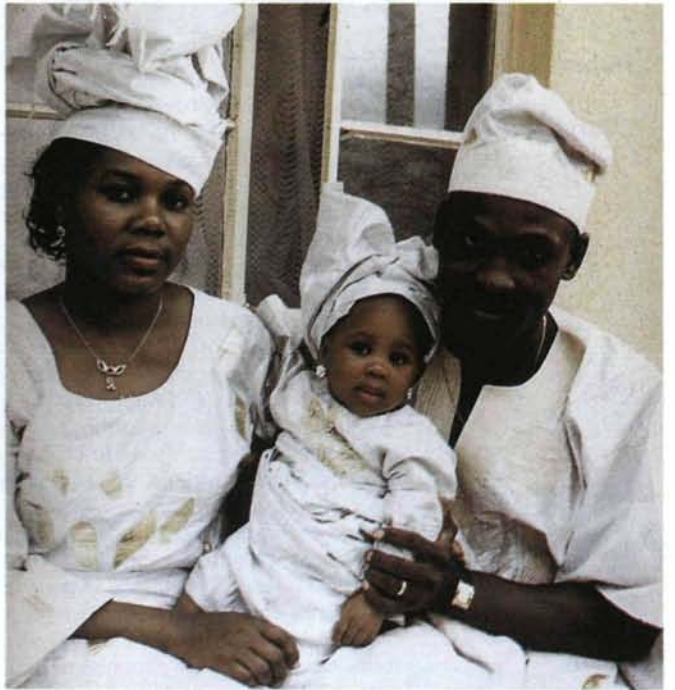
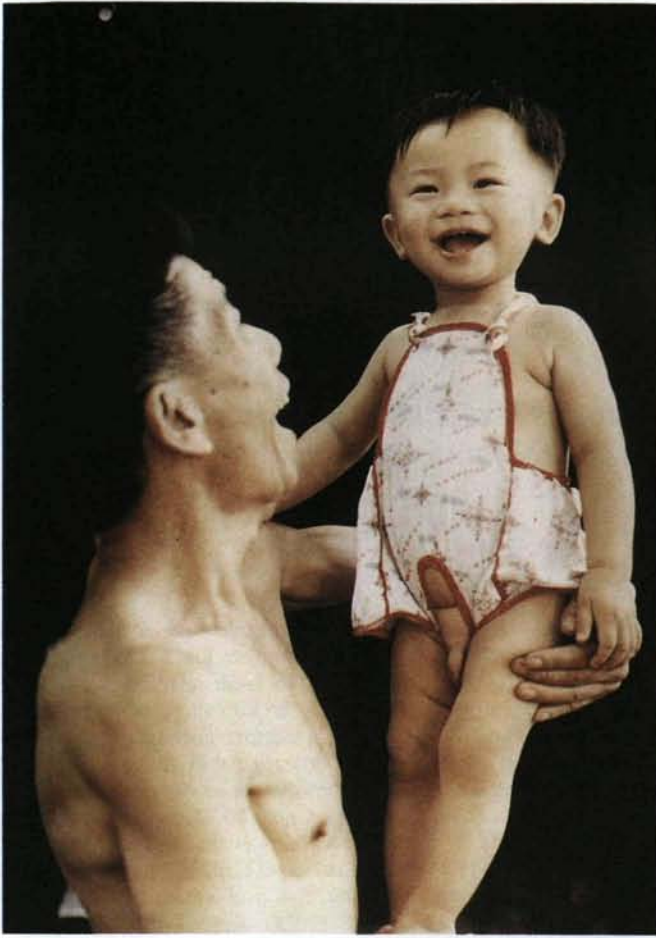
En Bamako, Mali, participantes en un proyecto apoyado por el OIEA e Italia aprenden a usar técnicas moleculares en estudios sobre la malaria. (Cortesía: Castellino, OIEA)



Salud, medio ambiente y familia.

Desde el regocijo y el orgullo de cuidar de los recién nacidos hasta los lazos especiales de unión que se establecen en las reuniones familiares, estas expresivas fotografías muestran la riqueza de los pueblos y las culturas del mundo, pero también nos recuerdan las privaciones que padecen muchas familias. Entre los problemas más acuciantes están la atención de la salud y la nutrición adecuada, temas que se abordan desde diversas perspectivas en los artículos del presente número del *Boletín del OIEA*. Todas las fotografías que se muestran aquí y en la portada y la contraportada interior, han ganado premios. Fueron seleccionadas de entre más de 10 000 fotos enviadas al Concurso Mundial de Fotografía "La Familia", patrocinado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y el Centro Cultural de la región del Asia y el Pacífico de la UNESCO (ACCU), en Tokio, dentro del marco del Decenio Mundial para el Desarrollo de la Cultura como contribución especial al Año Internacional de las Naciones Unidas para la Familia 1994. En esta página: En "Familia Kazaja" de R. Gombojav, Mongolia, toda la familia se reúne en la provincia de Bayan Olgui para una foto conmemorativa que ganó un premio especial en el concurso fotográfico. En La Habana, Cuba, "Querido Papá", de Humberto G. Mayol, capta el momento sin par de quienes son padres por primera vez. Página de enfrente, en el sentido de las manecillas del reloj, desde la izquierda: "Orgullo", de Elaine Abrams, Estados Unidos, muestra las emociones compartidas por un padre y su hijo en China. En Ho Chi Minh, los niños embellecen la vida en "Ojos y sonrisas", de Tuong Linh, Viet Nam. En Maseru, Lesotho, una joven pareja y su hija posan para "La primogénita cumple un año" de A.C. Ebenebe, Nigeria. En Antalya, Turquía, los jimaguas encabezan el grupo en una foto sin título de Timurtas Onan, Turquía. En "Familias", de Mohammad Reza Baharnaz, Irán, que ganó un premio especial en el concurso, una familia se traslada a un medio más cálido al acercarse los fríos días de invierno. Todas las fotos son cortesía del ACCU.





Salud y nutrición humanas: La ayuda de los isótopos para erradicar el “hambre escondida”

Los isótopos estables y los isótopos radiactivos contribuyen cada vez más a la investigación de graves problemas nutricionales que afectan la salud del hombre

por
Robert M. Parr
y
Carla R. Fjeld

En todos los países, las autoridades de salud se preocupan por la nutrición de la población.

En el mundo industrializado las principales preocupaciones se refieren a lo que se ha dado en llamar “exceso de nutrición”. Con el incremento de la solvencia y la urbanización, las dietas tienden a tener un mayor contenido de alimentos energéticos y de grasas, especialmente grasas saturadas. También contienen menos fibra y carbohidratos complejos, y más alcohol. Esos y otros factores de riesgo provocan una mayor incidencia de la obesidad, la hipertensión, las enfermedades cardiovasculares, la diabetes mellitus, la osteoporosis, la anemia y algunos tipos de cáncer, lo que ocasiona enormes gastos sociales y sanitarios.

Para los países en desarrollo, la mayoría de los problemas consisten en todo lo contrario. La “subnutrición” o malnutrición es el principal enemigo, especialmente de los pobres, que sufren los efectos más generalizados y graves de la malnutrición.

Algunas estadísticas son verdaderamente alarmantes. Más de 780 millones de personas —el 20% del mundo en desarrollo— sufren de desnutrición crónica. Alrededor de 190 millones de niños menores de cinco años, entre ellos más de 150 millones en Asia y 27 millones en África, padecen de malnutrición por falta de alimentos proteicos y energéticos. Diariamente mueren 40 000 niños menores de cinco años y uno de los principales factores que contribuyen a ello es la malnutrición. Alrededor de 2000 millones de personas en más de 100 países en desarrollo padecen insuficiencias de micronutrientes que pueden provocar ceguera, retraso mental y hasta la muerte.

Muchos de estos problemas no son nuevos, y lo cierto es que casi todos fueron reconocidos hace años. Su gravedad varía notablemente de un país a otro y también con el transcurso del tiempo. En los últimos años algunos países han experimentado disminuciones significativas de la mortalidad relacionada con la dieta; sin embargo, muchos otros acusan aumentos apreciables. (Véanse los gráficos de la página 20.)

El Sr. Parr es Jefe de la Sección de Estudios de la Nutrición y de Estudios del Medio Ambiente relacionados con la Salud, de la División de Sanidad Humana del OIEA, y la Sra. Fjeld es funcionaria de dicha Sección.

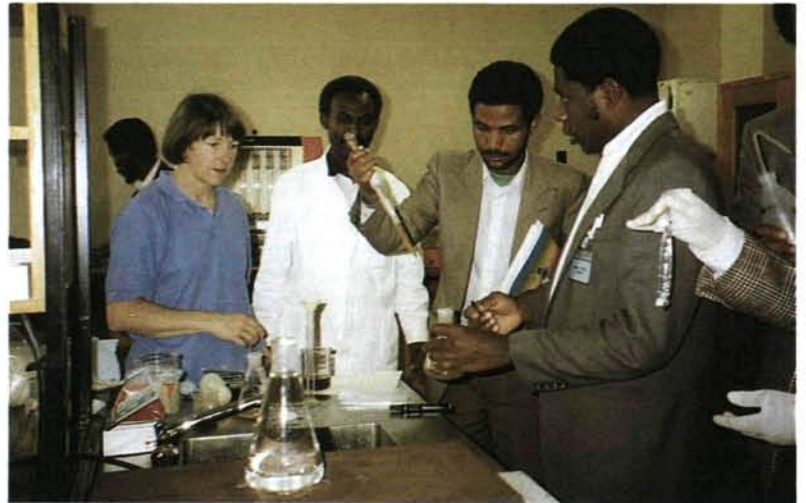
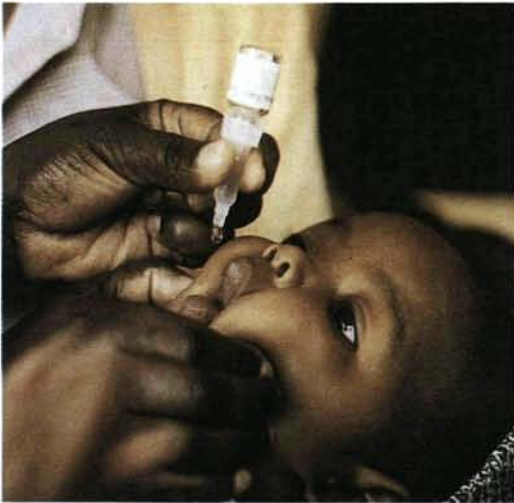
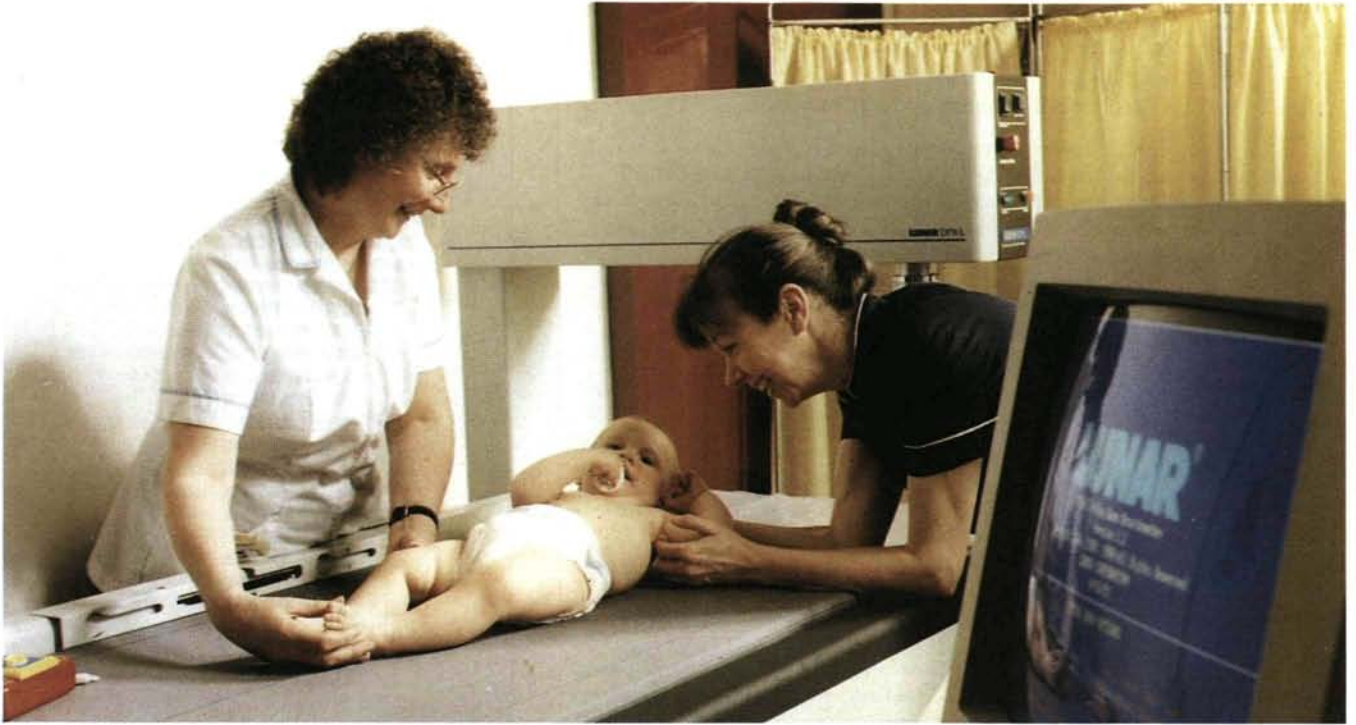
Los problemas nutricionales que sustentan esas tendencias (especialmente en los países en desarrollo) por lo general no están relacionados con la insuficiencia absoluta de alimentos, o sea, con el hambre evidente. Casi siempre su causa es la *calidad* deficiente o la falta de variedad de los alimentos, lo que se traduce en insuficiencias de vitaminas y de minerales esenciales. Como los efectos no saltan a la vista de inmediato, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha acuñado el término “hambre escondida” para describir esos problemas.

La labor del OIEA está contribuyendo de diferentes maneras a los empeños encaminados a eliminar el hambre escondida y otros problemas nutricionales. La razón de ser de la participación del OIEA tiene dos facetas. En primer lugar, la nutrición adecuada es un componente esencial de cualquier estrategia destinada a mejorar la *salud*, y el Estatuto del Organismo señala específicamente que el principal objetivo de sus programas es “aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la *salud* y la prosperidad”. En segundo lugar, las técnicas isotópicas tienen una amplia variedad de aplicaciones —algunas de ellas únicas en su tipo— en las investigaciones previstas sobre nutrición humana, para la evaluación del estado nutricional y para supervisar la eficacia de los programas de intervención nutricional. (Véase el cuadro de la página 21.)

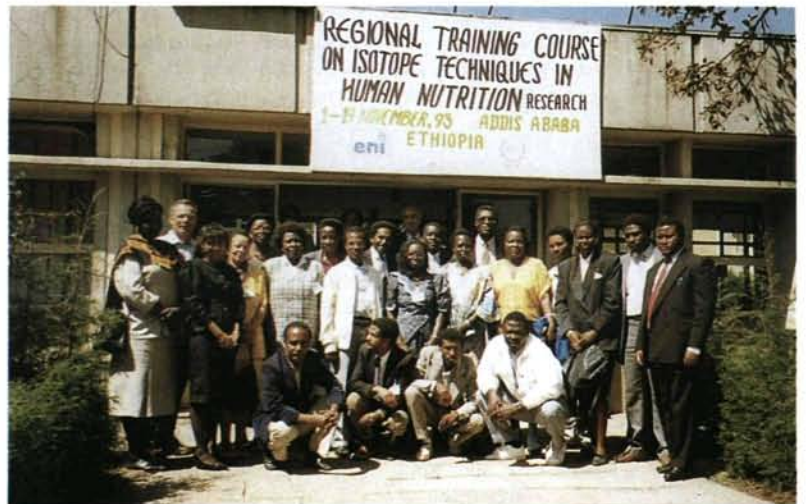
En el presente artículo se hace una reseña somera de esas técnicas y sus principales aplicaciones en algunos campos de la nutrición humana. Asimismo, se expone cómo los programas del OIEA están dirigidos a contribuir a la solución de problemas nutricionales concretos, especialmente los que afectan a la mujer y a los niños en los países en desarrollo.

Malnutrición por deficiencia de micronutrientes: Insuficiencias de vitaminas y minerales

Visión general del problema. Los micronutrientes —las vitaminas y los minerales— desempeñan un papel importante en la salud y el desarrollo. Además de impedir determinados trastornos, protegen la vida de la madre y el niño, estimulan el desarrollo cognoscitivo, ayudan a prevenir las infecciones y mejoran la capacidad de trabajo de las personas.



Millones de hombres, mujeres y niños en todo el mundo padecen de desnutrición por diferentes causas. Mediante diversos programas, el OIEA brinda apoyo al estudio de los problemas nutricionales y a los trabajos para mejorar la salud de las personas, concediendo frecuentemente especial importancia a la nutrición materno-infantil. Esa labor abarca proyectos de investigación con objetivos designados, asistencia técnica y cursos de capacitación para científicos —como el que se muestra en la foto de la derecha, realizado en Addis Abeba, Etiopía, en noviembre de 1993— sobre el uso de técnicas nucleares y otras afines, para estudiar aspectos de la malnutrición y la salud. Desde 1980 el OIEA ha brindado apoyo a programas sobre nutrición en más de 50 países. (Cortesías de: AEA Technology; Schytte/OMS; R. Parr, OIEA)



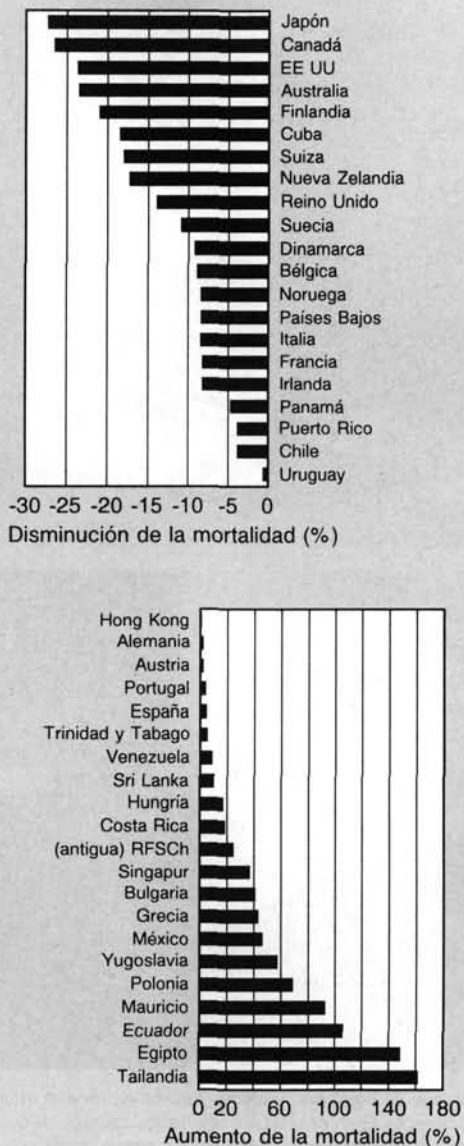
Declaración mundial sobre la nutrición

Uno de los acontecimientos más importantes acaecidos últimamente en el campo de la nutrición humana fue la Conferencia Internacional sobre la Nutrición (CIN), organizada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), y celebrada en Roma a fines de 1992. Por primera vez en la historia, se pidió a los gobiernos presentes en una reunión internacional que pensarán más allá de los problemas persistentes del hambre y la supervivencia y se concentraran totalmente en la nutrición y la salud. El resultado fue la "Declaración mundial sobre la nutrición", que fue aprobada por ministros de gobierno y altas autoridades de más de 150 países, conjuntamente con representantes de organizaciones no gubernamentales. A continuación se reproducen fragmentos escogidos de la Declaración:

- el bienestar nutricional de todas las personas es una condición necesaria para el desarrollo de las sociedades... debe constituir el objetivo fundamental del progreso en el desarrollo humano y estar al centro de nuestros planes y estrategias de desarrollo socioeconómico
- globalmente existen suficientes alimentos para todos... el problema principal es el de un acceso desigual a esos alimentos
- el acceso a alimentos inocuos y nutricionalmente adecuados es un derecho de todas las personas
- existe una elevada prevalencia y un número creciente de niños menores de cinco años malnutridos en Africa, Asia y América Latina y el Caribe... debe prestarse especial atención a sus problemas nutricionales
- más de 2000 millones de personas, en su mayoría mujeres y niños, sufren carencias de uno o varios micronutrientes
- entre las metas nutricionales del Cuarto Decenio de las Naciones Unidas para el Desarrollo están... reducir marcadamente los índices de malnutrición y mortalidad de los niños
- las metas nutricionales establecidas por la Cumbre Mundial en favor de la Infancia para el año 2000 son, entre otras: reducción de los niveles de malnutrición grave y moderada de niños menores de cinco años a la mitad de los niveles de 1990; reducción de la anemia ferronímica de la mujer en un tercio de los niveles de 1990; eliminación virtual de los trastornos ocasionados por carencias de yodo; virtual eliminación de las carencias de vitamina A y sus consecuencias; e institucionalización del fomento del crecimiento y su supervisión regular en todos los países para finales del decenio de 1990
- es necesario emprender investigaciones científicas, básicas y aplicadas, y establecer sistemas de vigilancia de la alimentación y la nutrición, para identificar más claramente los factores que contribuyen a crear los problemas de la malnutrición y las formas de eliminar esos problemas, particularmente entre las mujeres, los niños y los ancianos
- los órganos rectores de la FAO, la OMS... y otras organizaciones internacionales competentes, deberían... decidir el modo de dar la prioridad apropiada a sus programas relacionados con la nutrición y las actividades encaminadas a asegurar lo antes posible una ejecución enérgica y coordinada de las actividades recomendadas en la Declaración y en el Plan de Acción de la CIN... ello abarcaría, cuando fuese necesario, una mayor asistencia a los Estados Miembros.

Las insuficiencias de micronutrientes pueden causar daño desde el momento de la concepción, ya que influyen en la regulación del crecimiento y en otros procesos fisiológicos. Las insuficiencias pueden provocar un círculo vicioso que demora más de una generación en romperse: los hijos de madres malnutridas sufrirán esos efectos en la edad adulta y, si son niñas, los transmitirán a la generación siguiente.

Cambio de las tasas de mortalidad por enfermedades no transmisibles relacionadas con la dieta



Nota: Los datos se refieren a individuos de 65 años o más en 42 países, en los periodos 1960-1964 y 1985-1989

Fuente: OMS

La insuficiencia de hierro es la deficiencia nutricional más común en el mundo de hoy. Durante la infancia y la niñez puede entorpecer el aprendizaje y la capacidad para resistir las enfermedades. El letargo que ocasiona en los adultos reduce la capacidad de éstos para trabajar y cuidar de sus familias y hogares. En todo el mundo hay más de 2000 millones de personas que padecen de anemia o insuficiencia de hierro, la mayoría de ellas en países

Ejemplos del apoyo brindado por el OIEA a los programas de nutrición humana (1990-1994)

	Investigación y asistencia técnica*	Capacitación y seminarios**
Alemania	1	
Argentina	1	
Australia	2	
Bangladesh	4	1
Bolivia	1	
Brasil	2	2
Camerún	1	4
Canadá	2	1
Chile	3	2
China	3	2
Eslovenia	2	
España	1	
Estados Unidos	11	4
Etiopía		4
Filipinas	1	2
Finlandia	1	
Francia	1	
Ghana		2
Guatemala	2	
Hungría	1	
India	6	20
Indonesia	2	1
Irán	1	
Italia	1	
Jamaica	2	
Kenya		4
Madagascar		1
Malasia	3	2
Mauricio		1
México	1	
Myanmar	1	2
Nepal		1
Nigeria		2
Países Bajos	1	
Papua Nueva Guinea	1	
Paquistán	2	1
Perú	2	1
Polonia	1	1
Portugal	1	
Reino Unido	5	2
República Checa	1	3
Rumania	1	1
Senegal		2
Sierra Leona		2
Sri Lanka	1	1
Sudán	1	2
Tailandia		2
Tanzania		2
Turquía	1	
Uganda		1
(antigua) URSS	1	
Venezuela	1	1
Zaire		1

* Número de proyectos (incluidos los acuerdos de investigación)

** Número de participantes/estudiantes

en desarrollo. La pérdida de sangre durante la menstruación hace que las mujeres en edad reproductiva sean especialmente vulnerables. La anemia contribuye a las altas tasas de mortalidad materna, al bajo peso de nacimiento y al incremento de la mortalidad infantil.

La insuficiencia de yodo afecta la producción de las hormonas del tiroides que regulan el crecimiento y las funciones del cerebro y el sistema nervioso, así como el calor y la energía corporales. Un bajo nivel de producción de hormonas del tiroides puede reducir la capacidad física y mental del individuo. En las mujeres embarazadas, la insuficiencia de yodo puede provocar abortos espontáneos y el nacimiento de niños muertos. Puede causar daños cerebrales en el feto o en el recién nacido, así como retraso mental en la niñez. Se calcula que más de mil millones de personas viven en zonas de riesgo de insuficiencia de yodo. Doscientos millones padecen de bocio —agrandamiento de la glándula tiroides en el cuello— mientras 26 millones sufren retraso mental a causa de esa insuficiencia.

La insuficiencia de vitamina A es la causa más común de la ceguera infantil evitable, reduce la efectividad del sistema inmunológico, y retarda el crecimiento y el desarrollo. Al menos 40 millones de niños en edad preescolar padecen de insuficiencia de vitamina A, y de ellos 13 millones presentan ya algunos daños de la visión. Todos los años, un total de medio millón de niños en edad preescolar sufren de ceguera parcial o total por insuficiencia de vitamina A. Aproximadamente las dos terceras de ellos mueren pocos meses después de haber perdido la visión. La falta de vitamina A y de otros nutrientes esenciales también hace que los niños sean más vulnerables a los graves efectos de enfermedades como el sarampión, la diarrea y las infecciones respiratorias. Algunos estudios indican que incluso la insuficiencia moderada de vitamina A puede atrofiar

Síntesis de algunas técnicas isotópicas utilizadas en los estudios sobre nutrición humana

Técnica	Aplicación
Estudio de trazadores de isótopos radiactivos (con conteo de muestras)	Composición corporal (agua marcada con tritio) Estudio <i>in vivo</i> de la incorporación y biodisponibilidad de hierro (hierro 59/hierro 55) Estudio <i>in vitro</i> de dializabilidad de hierro (hierro 59)
Radioinmunoanálisis	Nivel de hierro (sobre la base de ferritina en el suero) Nivel de yodo (sobre la base de las hormonas T ₃ , T ₄ , TSH)
Técnicas de análisis nuclear (por ejemplo, el AAN)	Contenido de oligoelementos en alimentos, dietas y tejidos humanos
Conteo corporal	Composición corporal (masa corporal magra— potasio 40) Incorporación y biodisponibilidad de micronutrientes esenciales, por ejemplo, hierro (hierro 59) y cinc (cinc 65)
Análisis de activación neutrónica (AAN) <i>in vivo</i>	Composición corporal (nivel total de nitrógeno, calcio, etc. en el cuerpo)
Estudio de trazadores isotópicos estables	Composición corporal (agua marcada con deuterio) Metabolismo de sustrato (aminoácidos, grasas y otros elementos marcados con carbono 13 y nitrógeno 15) Gasto de energía (agua marcada con deuterio y oxígeno 18) Incorporación y biodisponibilidad de micronutrientes esenciales, por ejemplo, hierro, cinc y vitamina A utilizando los isótopos estables adecuados

el crecimiento y aumentar la gravedad de las infecciones, las tasas de mortalidad infantil y la transmisión del VIH de la madre al feto en el caso de las mujeres portadoras de ese virus.

Técnicas isotópicas en estudios sobre la malnutrición por insuficiencia de micronutrientes

Muchos micronutrientes, tanto las vitaminas como los oligoelementos, que son de importancia vital en la nutrición humana, se pueden estudiar mediante técnicas isotópicas.

Hierro. En cualquier estudio sobre la nutrición con hierro reviste importancia fundamental la absorción real de hierro por el organismo (por ejemplo, a partir de un alimento o una comida) en forma metabólica activa. Ya existen amplios conocimientos al respecto. Por ejemplo, la cantidad que se absorbe depende en gran medida de la fuente de hierro (ya sea una carne o un vegetal) y de la presencia de otras sustancias como la vitamina C (en las frutas y algunos vegetales), el fitato (en algunos cereales) y el tanino (en el té). No obstante, queda mucho por conocer acerca de las interacciones entre esos elementos y sobre cómo optimizar la absorción de hierro mediante la selección adecuada de los alimentos disponibles localmente y el uso de métodos de elaboración de alimentos como la fermentación y la germinación.

Las técnicas isotópicas ofrecen la única vía directa para medir la absorción y biodisponibilidad de hierro y se les considera muy acertadamente una especie de "norma de oro" para los estudios sobre los niveles de hierro en los seres humanos. La forma más común de utilizar ese método se basa en la introducción de isótopos radiactivos de hierro (hierro 55 y hierro 59) en hematiés, después de haber marcado extrínsecamente el alimento o la dieta que se ensayará y de haberla suministrado a los sujetos seleccionados para el ensayo. Se toman muestras de sangre durante un período de dos a cuatro semanas, y se procesan en un contador de centelleo líquido. El hierro 59 también se puede medir con un contador corporal. Más recientemente, en algunos países se ha preferido el uso de isótopos estables (hierro 54, 57 y 58) medidos con espectrometría de masas porque, al no haber dosis de radiación, permiten realizar estudios en niños y mujeres embarazadas.

Otro método útil, aunque menos exacto, es uno en que no hay que utilizar sujetos de prueba. El alimento que será objeto de la prueba es sometido en el laboratorio a un proceso de digestión *in vitro* en condiciones que reproducen lo que sucede en el estómago. Se calcula la liberación de hierro en especies de bajo peso molecular con ayuda de un trazador de hierro 59 tras un proceso de diálisis a través de una membrana sintética. Este método de exploración es muy útil y rápido.

Los métodos isotópicos resultan útiles también para evaluar los niveles de hierro en personas y grupos poblacionales sobre la base de mediciones de la ferritina en el suero. Un bajo nivel de ferritina en el suero refleja agotamiento de las reservas del hierro del organismo y es el indicio más concreto de la

insuficiencia de hierro. El inmunoanálisis —ya sea el radioinmunoanálisis (RIA) o el análisis a base de enzimas (ELISA)— es la única técnica disponible actualmente para medir la ferritina.

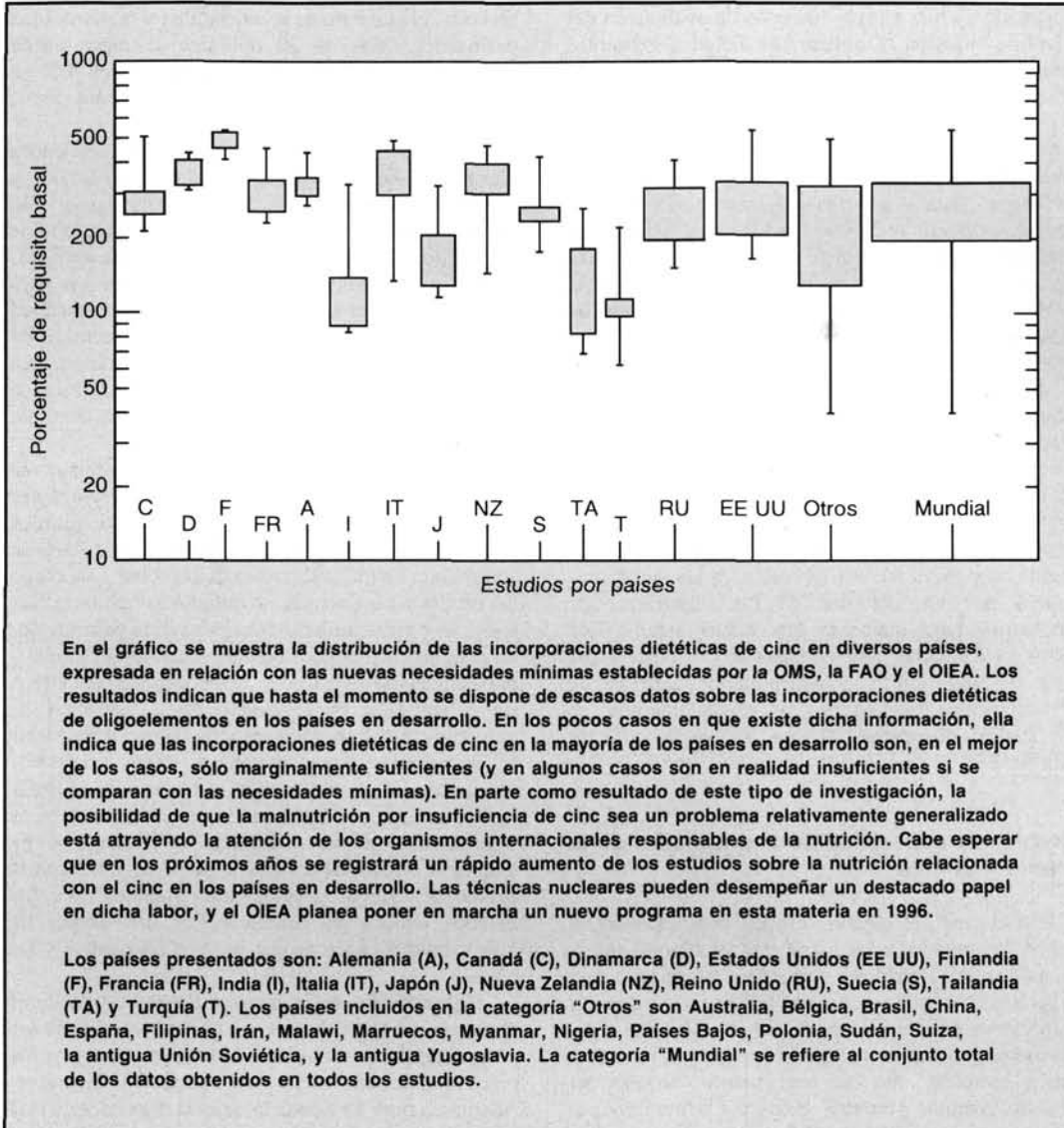
Yodo. Por lo general, las zonas de insuficiencia endémica de yodo se determinan con mediciones de la liberación de yodo en la orina (utilizando técnicas no nucleares). No obstante, en ocasiones se pueden obtener otras informaciones útiles sobre el estado nutricional de yodo de una persona o un grupo poblacional observando los niveles de hormonas relacionadas con el tiroides en el suero sanguíneo. La insuficiencia de yodo entre moderada y grave provoca alteraciones en el régimen de secreción de hormonas del tiroides y, en consecuencia, en las concentraciones de éstas en el suero. El inmunoanálisis es la técnica adecuada para esas pruebas de determinación. Se basa en la utilización de anticuerpos como agentes de enlace específicos para detectar diversas muestras para análisis (en este caso, hormonas relacionadas con el tiroides como las T₃, T₄ y TSH). Ofrece un alto grado de especificidad, sensibilidad y efectividad. Los métodos RIA y ELISA son las dos técnicas de inmunoanálisis adecuadas para esa prueba. Los centros que ya tienen acceso al RIA suelen preferirlo por ser más efectivo; además, como demuestran varios programas del OIEA, también puede resultar muy económico si se utilizan reactivos a granel, algunos de los cuales se pueden producir localmente.

Vitamina A. Los métodos isotópicos para estudiar la vitamina A aún no están tan desarrollados como los que se aplican para determinar los otros micronutrientes antes mencionados. Sin embargo, es indudable que tendrán aplicaciones de singular valor en la evaluación de los niveles de vitamina A, por ejemplo, mediante mediciones de la eliminación en plasma de una dosis de prueba de retinol marcado con isótopos. Para los estudios en seres humanos el marcador isotópico que generalmente se utiliza es el deuterio.

El UNICEF, la OMS y otros organismos ya han emprendido programas en gran escala destinados a prevenir los trastornos por insuficiencia de vitamina A. Parte de esos programas consiste en el suministro de vitamina A, la modificación de las dietas a fin de elevar la incorporación de dicha vitamina (lo cual puede resultar costoso) o de su precursor, el betacaroteno (que proviene de fuentes vegetales y puede ser menos costoso), el reforzamiento de los alimentos con vitamina A, así como programas sobre la lactancia materna. Se espera que los métodos isotópicos que se están creando mejoren significativamente la evaluación de los niveles de vitamina A en los países en desarrollo.

Otros oligoelementos. Las técnicas isotópicas —especialmente los métodos analíticos nucleares como el análisis por activación neutrónica (AAN)— son especialmente útiles para estudiar los oligoelementos en alimentos y dietas. De particular interés son los oligoelementos esenciales como el cobre, el manganeso, el selenio y el cinc (además del hierro y el yodo ya mencionados), y los elementos *tóxicos* como el arsénico, el cadmio y el mercurio. En un programa de investigación realizado recientemente en 16 países con apoyo del OIEA, el AAN fue la téc-

Incorporaciones dietéticas de cinc: Panorámica de los estudios realizados en diversos países



nica escogida para 14 de los 24 elementos de interés, y sirvió como procedimiento de control de calidad para otros cuatro elementos.

Programas y planes del OIEA en zonas en que existe malnutrición por insuficiencia de micronutrientes. Desde 1990 el OIEA viene apoyando un programa coordinado de investigación (PCI) en 11 países sobre "Estudios con ayuda de isótopos de la biodisponibilidad de hierro y cinc en la dieta humana", cuyo principal objetivo ha sido obtener información vital para la planificación y puesta en práctica de programas nacionales de nutrición sobre la diversificación y modificación de las dietas, el reforzamiento de los alimentos y los suplementos de micronutrientes, así como evaluar la eficacia de los esfuerzos de intervención.

Se prevé continuar esa labor en colaboración con la OMS. El objetivo es lograr una mejor comprensión de las relaciones cuantitativas que existen entre la absorción del hierro de los alimentos a partir de una comida y las cantidades de los principales componentes de los alimentos que se sabe que

afectan la biodisponibilidad de hierro. (Un ejemplo sencillo de la importancia de estas interacciones es que beber té junto con la comida bloquea casi completamente la absorción de hierro.)

También se espera que durante 1995 y 1996 el OIEA apoye varios proyectos de cooperación técnica en Africa y América Latina, dirigidos, entre otras cosas, a la creación de alimentos ricos en hierro para el destete de los bebés utilizando productos alimenticios locales. Para este trabajo se necesitan diversas técnicas isotópicas *in vivo* e *in vitro* con el empleo de trazadores isotópicos radiactivos y estables.

En cuanto a la *nutrición* con yodo, el OIEA aún no ha apoyado directamente ningún trabajo al respecto. Sin embargo, muchos programas han brindado un apoyo indirecto, especialmente en cuanto al uso del RIA para el diagnóstico del hipotiroidismo neonatal (que por lo general es consecuencia de la insuficiencia nutricional de yodo de la madre).

Se han planificado nuevos programas del OIEA sobre la malnutrición por insuficiencia de vitamina A, entre ellos un PCI que comenzará en 1995,

destinado a crear nuevos métodos de evaluación del nivel de vitamina A, aplicar los métodos existentes cuando sea factible y crear nuevos modelos para interpretar los datos cinéticos de los isótopos. Además, se brindará apoyo a un nuevo campo de investigación que abarca la producción de alimentos marcados intrínsecamente con isótopos de carbono e hidrógeno para evaluar la conversión biológica de carotenoides en condiciones dietéticas y fisiológicas específicas. En tercer lugar, el OIEA apoyará el uso de algunas técnicas en un proyecto conjunto con la OMS de intervención en materia de nutrición en América Latina, que comenzará a finales de 1994 o principios de 1995.

Respecto de los oligoelementos, los datos obtenidos en investigaciones apoyadas por el OIEA que comprenden 25 grupos de estudios en 16 países ya han sido utilizados en la preparación de documentos de trabajo para la Consulta de Expertos OMS/FAO/OIEA sobre oligoelementos en nutrición humana. (Un informe que se publicará próximamente propondrá nuevos valores para las incorporaciones por vía dietética de los oligoelementos necesarios para mantener una buena salud.) Los datos mencionados también han sido un aporte a una base de datos sobre la incorporación dietética de 35 elementos secundarios y oligoelementos en 47 países diferentes. (Véase el gráfico de la página 23.)

Problemas especiales de malnutrición de la madre y el niño

En el caso de algunos grupos poblacionales, a saber, las madres y los niños, los problemas nutricionales relacionados con las proteínas son especialmente graves. En acción sinérgica con las infecciones diarreicas, respiratorias y de otro tipo, las dietas deficientes durante la primera infancia dan pie a estancamiento del crecimiento, retraso del desarrollo motor y mental, daños al sistema inmunológico, y a mayores riesgos de complicaciones y muerte a causa de enfermedades infecciosas.

Si bien esta forma de malnutrición es consecuencia en parte de una cantidad insuficiente de alimentos, un factor importante que contribuye a ella es la calidad y la diversidad inadecuadas de la dieta. Las infecciones también contribuyen apreciablemente a la malnutrición por deficiencia de alimentos proteicos y energéticos; provocan cierta anorexia, elevan las tasas metabólicas y desvían las proteínas y otros nutrientes importantes para el mantenimiento y el crecimiento hacia los procesos destinados a combatir las infecciones.

En los países en desarrollo, los niños pobres menores de cinco años padecen entre cinco y diez episodios de enfermedades infecciosas anualmente, así como infecciones subclínicas. El riesgo de morir a causa de una enfermedad determinada se duplica entre los niños con malnutrición ligera y se triplica entre los que padecen malnutrición moderada.

En el caso de las mujeres, las deficiencias de alimentos proteicos y energéticos en la edad reproductiva aumentan el riesgo materno durante el nacimiento y provocan bajos pesos del recién nacido,

así como el aumento de la morbilidad y la mortalidad perinatales. Más de 20 millones de niños nacen anualmente bajos de peso, de ellos más del 90% en los países en desarrollo y, en la mayoría de los casos, a causa de la malnutrición de la madre.

Es indudable que el acceso sostenido a cantidades adecuadas de alimentos nutritivos ayudaría a resolver los problemas de la desnutrición. Sin embargo, no es un objetivo que pueda alcanzarse de inmediato. Para que este propósito se haga realidad, un factor vital en la creación de intervenciones para resolver esos problemas nutricionales es la capacidad de hacer evaluaciones nutricionales correctas y de recomendar alimentos que mejoren la nutrición, a la vez que se hace un uso eficiente de los escasos recursos. Las técnicas isotópicas son especialmente idóneas para esas aplicaciones.

Las técnicas isotópicas han sido ampliamente utilizadas en los países industrializados para obtener una importante información que en los dos últimos decenios ha contribuido palpablemente a que se comprenda mejor la nutrición de proteínas, así como las necesidades energéticas durante los últimos diez años. Es posible utilizarlas como ayuda para formular programas prácticos de intervención nutricional y para supervisar su eficacia. Los programas del OIEA sobre nutrición en el campo de la nutrición de alimentos proteicos y energéticos aspiran a transferir las tecnologías isotópicas y otras afines existentes, con adaptaciones o sin ellas, a los países en desarrollo, así como a fomentar la creación de técnicas y protocolos nuevos. Ese tipo de trabajo se ha ampliado considerablemente a partir de 1992 con la ayuda de nuevos fondos suministrados por los Estados Unidos de América. Los dos grupos de mayor interés en los programas son las madres y los niños.

Malnutrición de la madre. Las investigaciones realizadas en todo el mundo han demostrado que los programas de nutrición destinados a las madres y los niños malnutridos mejoraron su salud y bienestar. Además, como ha quedado demostrado en América Central, los suplementos nutricionales recibidos por una generación pueden repercutir en las generaciones subsiguientes. Uno de los aspectos más importantes de la nutrición materna es la nutrición durante el embarazo, especialmente en lo tocante al aumento de peso en esa etapa. A menudo se supone que las madres que experimentan un aumento de peso relativamente mayor durante el embarazo tendrán niños más sanos y reducen el riesgo de tener niños con bajo peso al nacer.

Aplicaciones de las tecnologías isotópicas en estudios para mejorar el resultado del embarazo. La composición corporal de la madre durante el embarazo —y su relación con la incorporación dietética y el resultado del embarazo— se evalúa midiendo su composición corporal antes de la concepción y comparándola con la que posee durante el embarazo y después del parto. Esa información es parte de la utilizada como base para las evaluaciones de las necesidades de nutrientes en el embarazo, lo cual constituye un tema vital en los países en desarrollo.

El otro campo con amplias repercusiones prácticas es el de las necesidades de energía durante el

embarazo. La FAO, la OMS y la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) han presentado conjuntamente estimaciones basadas en un cálculo aceptado de 335 MJ de necesidad total de energía durante el embarazo. No obstante, se piensa que el pequeño incremento de los requisitos de energía observado para todo el embarazo se debe a las reducciones inherentes de actividad física, especialmente en el caso de mujeres sin acceso a una dieta adecuada. En general, si no se satisfacen las necesidades energéticas propias del embarazo ello haría que los bebés tuvieran un bajo peso al nacer, reduciría la capacidad de trabajo de la embarazada durante dicha etapa, disminuiría las reservas de grasa que podrían necesitarse como fuente de energía durante la lactancia, y/o reduciría la actividad física. El OIEA continúa participando en estudios realizados en países en desarrollo, en los cuales se miden las reservas corporales de grasa utilizando técnicas isotópicas.

Programas de nutrición materna apoyados por el OIEA. El OIEA ha hecho dos aportes notables al mejoramiento de la nutrición materna durante el embarazo. El primero fue el apoyo que brindó, conjuntamente con el Grupo de Consultoría Internacional sobre Energía Dietaria (IDECG), a un informe sobre las bases científicas y las aplicaciones prácticas del método de agua doblemente marcada (ADM) para medir el gasto de energía*. Además, el OIEA ha apoyado varios estudios, con participación de varias instituciones o individuales, sobre el gasto de energía durante el embarazo. Los resultados de algunos de estos estudios sirvieron de base en parte para la reevaluación de los requisitos energéticos de la dieta que actualmente realizan la FAO, la OMS, el IDECG y la UNU.

El método ADM, creado por Nathan Lifson y modificado por investigadores de todo el mundo, es una forma de calorimetría directa que se basa en la eliminación diferencial del deuterio y el oxígeno 18 del agua corporal luego de recibir una dosis de esos isótopos estables. Una vez administrados, los dos isótopos corren distinta suerte; sus tasas de eliminación son diferentes: el deuterio es eliminado sólo en forma de agua mientras el oxígeno 18 se elimina como agua más dióxido de carbono. Por tanto, la diferencia entre ambas tasas de eliminación constituye la medida de la producción de dióxido de carbono durante el período de observación, que generalmente es de cuatro a 21 días.

La medición del gasto de energía del cuerpo es importante por varias razones. Concretamente, ofrece informaciones muy valiosas para una gran variedad de evaluaciones de las intervenciones nutricionales. Por ejemplo, los suplementos dietéticos para niños anteriormente desnutridos pueden aumentar la energía disponible no sólo para el crecimiento sino también para la actividad física, lo cual podría ser muy importante en función del rendimiento escolar o deportivo. Entre las madres embarazadas o

lactantes, el esfuerzo por mantener el embarazo y la lactancia podría reducir la energía disponible para otras funciones, incluida la actividad física.

A los niños que padecen de trastornos respiratorios como alergias o fibrosis quística se les prescriben medicamentos que les facilitan la respiración. Sin embargo, ese tratamiento podría tener como efecto secundario el aumento del gasto de energía, lo cual afectaría de manera negativa e indirecta el aumento de peso del niño.

Si se desea proporcionar una incorporación dietaria adecuada, es indispensable que se comprendan las interacciones entre las diversas funciones humanas que exigen mucha energía y para ello es menester medir el gasto de energía.

Malnutrición de los niños. En los niños con malnutrición proteica y energética, las necesidades nutricionales son mayores que en los niños bien nutridos. Eso se debe a que la necesidad de reponer los déficit de peso se suma a los requisitos nutricionales para el mantenimiento y el crecimiento normales. Como el crecimiento es uno de los indicadores más universalmente aplicados del estado nutricional de los niños, se pueden analizar las desviaciones de los modelos normales de crecimiento para conocer la gravedad de la subnutrición y qué paliativo aplicar a ese problema. Para que un niño desnutrido recupere su peso y composición corporales normales mediante una nutrición adecuada, es preciso saber si su composición corporal ha sido afectada o no por los déficit nutricionales.

Una de las vías para obtener esa información es la antropometría, método en que se utilizan mediciones del peso, la estatura, la circunferencia del brazo y el grosor de la piel para calcular la composición corporal. No obstante, este método es sólo una estimación. Las ecuaciones que relacionan las mediciones antropométricas con la composición corporal se basan en valores poblacionales específicos que se consideran adecuados para el individuo, y que han sido validados frente a mediciones más fiables de la composición corporal utilizando métodos isotópicos, entre otros.

Aplicaciones de las tecnologías isotópicas en estudios para mejorar la nutrición de los niños. En este caso también, un método directo ampliamente utilizado es la medición del total de agua corporal mediante la dilución de deuterio y oxígeno 18. En el análisis del crecimiento no intervienen sólo la estatura y el peso, sino que comprende además evaluaciones de la composición corporal.

El deuterio y el oxígeno 18 pueden utilizarse sin exponer a los individuos a las radiaciones y sin sacrificar la precisión de las mediciones. No siempre se considera ético el uso de trazadores radiactivos (como el tritio) en investigaciones en que participen niños o mujeres en edad reproductiva, o en aplicaciones que entrañen mediciones reiteradas en una misma persona dentro de un período corto. El deuterio comenzó a sustituir al tritio a medida que fueron avanzando las tecnologías de cromatografía en fase gaseosa, medición de absorción infrarroja y espectrometría de masas de relación isotópica, y que la precisión de estos métodos se hizo aceptable. Más recientemente se comenzó a utilizar oxígeno 18 como trazador para medir el total de agua corporal

* *The Doubly Labelled Water Method for Measuring Energy Expenditure: Technical Recommendations for Use in Humans.* Este manual abarca los principales aspectos teóricos y prácticos del método y ha sido distribuido a investigadores de 38 países. Se puede solicitar más información a los autores.

ya que evita el intercambio del marcador con el hidrógeno no acuoso en el cuerpo y, en consecuencia, la posibilidad de sobreestimar el volumen de agua corporal. La limitación más importante para utilizarlo ampliamente es su costo, que excede en aproximadamente 100 veces el del deuterio.

Programas de nutrición de la niñez apoyados por el OIEA. Mediante aplicaciones en que se utilizan deuterio, oxígeno 18 y carbono 13, el OIEA ha hecho notables aportes al mejoramiento de las formulaciones dietéticas para niños que padecen de malnutrición grave. Se utilizaron mediciones de la composición corporal, la deposición de proteínas y el gasto de energía con miras a definir un tratamiento dietario para niños malnutridos que permitiera acelerar apreciablemente el aumento de peso sin afectar la cantidad de tejido magro. La intervención dietética logró reducir en un 50% el tiempo de hospitalización.

Especialmente en el caso de los niños de países en desarrollo, la subnutrición y las infecciones actúan sinérgicamente y reducen la cantidad de nutrientes disponibles para el crecimiento, agotan las reservas de energía, y elevan marcadamente la morbilidad y la mortalidad. Si comprendemos mejor los efectos que ejercen las infecciones sobre el metabolismo en grupos poblacionales subalimentados, estaremos en mejores condiciones de brindar los alimentos adecuados para reducir la morbilidad y la mortalidad. Los métodos que utilizan isótopos estables nos dan esa posibilidad. Se están utilizando métodos isotópicos en los nuevos programas dedicados a medir las tasas sintéticas de proteínas específicas portadoras de nutrientes, así como las tasas sintéticas de proteínas producidas por el cuerpo en respuesta a los estímulos inmunogénicos. En la actualidad, grupos de científicos de países en desarrollo y países industrializados realizan las dos clases de estudio.

Por ejemplo, un equipo de investigadores está estudiando la forma en que las infecciones pueden alterar los requisitos dietéticos de proteínas y aminoácidos de los niños. Ese trabajo abarca la cuantificación del efecto relativo de infecciones específicas en el metabolismo y el anabolismo de las proteínas, utilizando aminoácidos marcados con carbono 13 y nitrógeno 15. Para medir los enriquecimientos isotópicos se utilizan cromatografía en fase gaseosa-espectrometría de masas (CGEM), CGEM de combustión, o espectrometría de masas de relación isotópica. El equipo también está evaluando el efecto de la vida en grandes alturas sobre el metabolismo de las proteínas en niños desnutridos. Han elaborado y están validando un protocolo básico para evaluar las tasas del metabolismo de proteínas y de aminoácidos en el terreno, utilizando métodos no invasivos de aplicación factible en condiciones de terreno. El equipo se propone utilizar los datos así obtenidos para crear un suplemento alimentario que satisfaga de manera más eficaz las necesidades de proteínas y aminoácidos concretos, lo que redundaría en un uso eficiente de los nutrientes para el crecimiento.

La nutrición y los ancianos

Otro grupo poblacional fuertemente afectado por los problemas relacionados con la nutrición son los ancianos. En muchos países existe especial preocupación por la enfermedad conocida por osteoporosis. Esta grave enfermedad de los huesos que afecta a los ancianos (especialmente a las mujeres después de la menopausia) limita gravemente la calidad de la vida e impone una carga cada vez mayor a los sistemas de atención de la salud de muchos países. Se caracteriza por una baja masa ósea y por el deterioro microestructural del tejido óseo, lo que eleva la fragilidad de los huesos y hace que las fracturas de caderas y vértebras sean más frecuentes.

Mucho queda por conocer sobre la etiología de la enfermedad, sobre las diferencias en su incidencia y gravedad entre grupos poblacionales que viven en diferentes países, al igual que sobre la forma de prevenirla y optimizar el diagnóstico y la terapia cuando se presenta el mal. Si bien existe consenso en cuanto a que la osteoporosis es una enfermedad en la que inciden múltiples factores, apenas se duda de que la nutrición es uno de los principales factores que se deben tener en cuenta. Entre los muchos componentes de la dieta que podrían ser importantes figuran varios elementos secundarios (por ejemplo, calcio, magnesio y sodio) y oligoelementos (por ejemplo, cadmio, cobre, manganeso y cinc). Las técnicas analíticas nucleares como el AAN son especialmente adecuadas para determinar esos elementos en los alimentos, las dietas y los tejidos del cuerpo humano, incluidos los huesos.

El OIEA inició recientemente un nuevo programa coordinado de investigación sobre el tema. El programa se centrará en la determinación de la edad en que existe el máximo de masa ósea en cada grupo de estudio, así como en la cuantificación de las diferencias en la densidad ósea como funciones de la edad y el sexo de los integrantes de cada grupo de estudio. Asimismo, se cuantificarán las diferencias entre los grupos de estudio de diferentes países. Se realizarán otros estudios complementarios con AAN sobre la nutrición con oligoelementos en personas de los distintos grupos de estudio.

La radiación, la sanidad humana y las investigaciones sobre nutrición

En los últimos años se ha registrado un considerable aumento de la percepción de los riesgos propios de las radiaciones de bajo nivel. En consecuencia, existe ahora mucha mayor preocupación sobre el uso de radisótopos en las investigaciones científicas, especialmente si se administran a individuos normales y saludables (y, como es natural, principalmente si se trata de niños o mujeres embarazadas).

Muchas técnicas radisotópicas son técnicas *in vitro*, lo que significa que el isótopo se utiliza en el laboratorio como parte del proceso de análisis. Al individuo no se le administra isótopo alguno, por lo que no está expuesto a ningún riesgo radiológico. (El único posible riesgo es para el científico que realiza el análisis, quien, por lo general, se considera un trabajador expuesto a las radiaciones y debe seguir los procedimientos adecuados para reducir al mínimo la dosis de radiación que reciben él o ella y sus compañeros de trabajo. Los riesgos posibles son mínimos o casi inexistentes y este tipo de trabajo es aceptado mundialmente como práctica normal por el personal médico y otros trabajadores expuestos a las radiaciones.)

No obstante, en algunas clases de estudios sobre nutrición el método menos costoso consiste en administrar un trazador de radisótopos a un individuo (un voluntario). La dosis de radiación suministrada en los estudios de esa índole es muy pequeña. Por ejemplo, en un estudio *in vivo* típico sobre la incorporación de hierro en el que se use la técnica isotópica doble de hierro 55/hierro 59, la dosis que reciben los órganos más expuestos es de alrededor de 0,4 mSv. Esta dosis está claramente dentro del rango de variaciones de la exposición normal anual de fondo a las radiaciones (por ejemplo, por vivir en medios geoquímicos diferentes o a diferentes alturas). Dicho de otra manera, es inferior a la dosis emitida por un equipo convencional moderno de radiografía de diagnóstico de tórax, o casi igual a la dosis *adicional* de radiación que recibiría el pasajero de una aerolínea al cruzar diez veces el Atlántico. A pesar de que dichas dosis cumplen cabalmente las guías éticas internacionales de la OMS para la investigación biomédica en seres humanos, actualmente existe el criterio general de que conviene excluir a los niños y a las mujeres embarazadas de los estudios con radisótopos.

Especialmente en el caso de niños y mujeres embarazadas, la técnica preferida hoy día es emplear un isótopo estable en lugar de uno radiactivo (por ejemplo, hierro 58 en lugar de hierro 59). Aunque las metodologías que se utilizan son generalmente más complejas y más costosas, el uso de isótopos estables no entraña riesgo radiológico para el individuo y, por tanto, puede justificarse ante los comités de ética aun para estudios en niños muy pequeños. Los programas del OIEA también están fomentando el uso de esas técnicas.

Nutrición, inmunidad y radiación de bajo nivel. Otro tema de especial interés es el efecto de las radiaciones sobre el sistema inmunológico. La irradiación es sólo uno de varios factores que pueden afectar el nivel general del estado inmunológico de una población, entre los que se cuentan la nutrición y los elementos químicos ambientales tóxicos. Casi todas las investigaciones sobre el estado inmunológico realizadas hasta la fecha se han concentrado en sólo un factor cada vez, haciendo casi siempre caso omiso de los restantes. En las poblaciones expuestas a niveles de radiación superiores a los normales, suele ser difícil, o imposible, juzgar hasta qué punto los cambios del estado inmunológico guardan relación con la radiación y en qué medida podrían deberse a otros factores. En mayo de 1994 se celebró en la sede del OIEA, en Viena, una reunión del Grupo Asesor Mixto OIEA/OMS para arrojar más luz sobre esos temas. En particular, se encargó al Grupo la tarea de examinar la información sobre esas cuestiones y las actuales prioridades de investigación, así como de asesorar al OIEA sobre el objetivo y el alcance de trabajos futuros que pudieran organizarse dentro del marco de un programa coordinado de investigación (PCI). El PCI propuesto, que debe comenzar en 1996, se concentrará principalmente en los efectos de las radiaciones de bajo nivel en el estado inmunológico de grupos poblacionales. Las principales variables de interés son el nivel de exposición individual a las radiaciones y el estado nutricional. Entre los posibles grupos de estudio figuran las personas que viven en zonas con fondos muy radiactivos (por ejemplo, en países donde se sabe que existen de manera natural fondos de alta radiación, o a grandes alturas, o en zonas afectadas por el accidente de Chernobil). Entre otros posibles grupos están los trabajadores expuestos a las radiaciones y los trabajadores de las minas de uranio.

Nutrición y protección radiológica. A los efectos de la protección radiológica resulta conveniente calcular las dosis de radiación que reciben individualmente los órganos y el cuerpo en general sobre la base de un llamado "hombre de referencia". Se trata de un modelo conceptualizado de ser humano cuyas masas de órganos, funciones fisiológicas y otras características de importancia en la protección radiológica se han definido de manera normalizada. Recientemente, con la asistencia financiera del Japón, la División de Seguridad Nuclear del OIEA ha venido llevando a cabo un programa cuyo objetivo es perfeccionar el concepto de hombre de referencia mediante la recopilación de datos para un llamado hombre de referencia asiático. El programa, que debe comenzar en 1995, se ampliará con nuevos estudios concentrados en la nutrición y otros aspectos afines. Entre los elementos de principal interés están el cesio, el yodo, el estroncio, el torio y el uranio. Las muestras de interés primordial son, entre otras, dietas completas representativas a nivel nacional y alimentos básicos individuales. El análisis se realizará con técnicas analíticas nucleares y otras relacionadas con la actividad nuclear, junto con otras técnicas no nucleares, de acuerdo con las instalaciones existentes en los países que participen en el programa.

Atención e investigaciones de la salud: Ensayos clínicos en la radioterapia del cáncer

Por medio de sus programas de sanidad, el OIEA ha emprendido estudios clínicos cooperativos destinados a mejorar los resultados del tratamiento del cáncer

por Jordanka
Mircheva

En todos los países del mundo el cáncer ha pasado a ocupar el primer lugar entre los problemas de salud. Después de los accidentes, los tumores malignos son la causa principal de muertes humanas. Alrededor del 60% de todas las muertes por cáncer ocurren entre personas mayores de 55 años.

A primera vista, parece indudable que la edad constituye el factor más importante para contraer cáncer. Esto es así sencillamente porque a medida que la persona envejece se hace más larga su exposición a los agentes que de forma directa o indirecta aumentan el riesgo de desarrollar un cáncer clínico.

El problema creciente del cáncer. Además, se prevé una agudización del problema del cáncer en todo el mundo por la sencilla razón de que hay más personas y éstas viven más. En realidad, de acuerdo con los cálculos estadísticos es posible que el número de pacientes de cáncer se duplique en los próximos 20 años debido tan sólo al envejecimiento de la población.

Además de la perspectiva de muerte, del dolor difícil de aliviar y del trauma psicológico, esta larga enfermedad y sus efectos debilitadores crónicos imponen una pesada carga económica a los pacientes y a la sociedad en general.

Costo ascendente. La cura del cáncer es costosa y su agudización aumentará la presión sobre los programas nacionales de seguridad social, que ya enfrentan serias dificultades en muchos países. Por lo tanto, desde el punto de vista estratégico resulta imperativo adoptar de inmediato medidas más decisivas para reducir la incidencia del cáncer y sus tasas de mortalidad.

Prevención del cáncer. La prevención total del cáncer debe ser el objetivo definitivo. Existen determinadas formas de cáncer que pueden evitarse si se limita la exposición a los carcinógenos y a los factores de riesgo relacionados con el modo de vida, la ocupación o el medio ambiente. Sin embargo, es evidente que la puesta en práctica de cualquier plan tentativo de prevención del cáncer evitando el contacto con carcinógenos dista de ser sencilla. Sería poco realista esperar un alto grado de éxito si se tiene

en cuenta que no es probable que la carcinogénesis (el proceso de iniciación, inducción y promoción del cáncer) esté vinculada a una causa universal. En la actualidad ya se han identificado más de 60 factores o exposiciones carcinogénicas como causas del cáncer humano. La mayoría están muy difundidos y entre ellos figuran productos químicos, las radiaciones ionizantes y no ionizantes, determinados parásitos y los virus. Sin embargo, no existen pruebas convincentes de que ya se hayan identificado todos los agentes carcinógenos más importantes. De hecho, aún se desconocen las causas de algunos de los procesos malignos humanos más comunes. Así pues, con respecto a la prevención del cáncer, salvo el hábito de fumar no parece existir ningún otro factor cuya prevención podría reducir significativamente el problema general del cáncer de inmediato.

Educación y exámenes colectivos para detectar el cáncer. La educación del público y los exámenes colectivos en busca del cáncer revisten una importancia enorme para la detección de los tumores malignos en sus primeras fases y, en consecuencia, ayudan a alcanzar mejores resultados terapéuticos. Este método se ha recomendado con insistencia y se ha aplicado en la gran mayoría de los países adelantados. Sin embargo, aún no ha propiciado ningún cambio apreciable en las tasas de morbilidad y mortalidad del cáncer.

Métodos terapéuticos mejorados. Es importante que las necesidades en el terreno clínico hayan impulsado vigorosamente las investigaciones fundamentales y aplicadas, pues gracias a ello se han introducido conceptos y agentes nuevos que, a su vez, han permitido mejorar los métodos terapéuticos. No obstante, se afirma que las investigaciones oncológicas actuales no tendrán resultados clínicos de consideración durante los próximos 10 años.

El arma de la terapia dirigida a fines concretos. Habida cuenta del problema creciente del cáncer, así como de las limitaciones de su prevención, de los exámenes colectivos y de la educación del público, se hace evidente que en la actualidad el arma más prometedora del arsenal de que se dispone contra el cáncer es la terapia dirigida a la eliminación radical del tumor o al control de su crecimiento. En realidad, el diagnóstico precoz y el tratamiento individualizado inmediato proporcionan a los pacientes de cáncer la mejor oportunidad de sobre-

La Dra. Mircheva es funcionaria de la División de Sanidad Humana del OIEA. Para obtener referencias completas, sírvanse dirigirse a la autora.

vivir a la enfermedad. Cada año que pasa son más los pacientes de cáncer que pueden curarse y los tratamientos se asocian a una morbilidad menor que en el pasado. En los últimos decenios la tasa de curación de los pacientes de cáncer en los países industrializados se ha elevado de forma lenta pero continuada, de aproximadamente 25% (en 1950) a alrededor de 50% (en 1985). Se impone reconocer que ese avance ha sido el resultado no sólo del diagnóstico precoz, sino también del perfeccionamiento gradual de las principales modalidades de tratamiento del cáncer, a saber, la cirugía, la radioterapia y la quimioterapia.

La cirugía es el método clásico de tratamiento del cáncer. Registra una alta tasa de curación en las etapas tempranas de la enfermedad, cuando puede realizarse la resección adecuada del tumor, incluso a expensas de provocar deformidades anatómicas y quizás incapacidades fisiológicas. Lamentablemente, en la mayoría de los casos el diagnóstico se emite en etapas más avanzadas, cuando las micropropagaciones tumorales y las metástasis regionales o sistémicas existentes limitan el éxito del tratamiento quirúrgico.

La radioterapia en la gestión del cáncer

En la estrategia de tratamiento contra el cáncer, la radioterapia es la segunda modalidad en importancia después de la cirugía y tiene posibilidades de convertirse en un factor aún más importante. Su principal objetivo es aplicar una dosis precisa de radiación ionizante a dimensiones tumorales definidas a fin de destruir las células cancerosas e inducir un daño mínimo a los tejidos normales circundantes. Además de sus efectos curativos, la radiación desempeña un papel importante como paliativo de la enfermedad, mejorando así la calidad de la vida restante.

En el futuro, la preservación de los órganos en el tratamiento del cáncer cobrará mayor importancia y ello aumentará de manera apreciable el papel de la radioterapia, sobre todo en el caso de pacientes que presenten tumores en la cabeza y el cuello, carcinomas de mama y esófago, sarcomas del tejido blando, carcinomas de recto, ano y vulva y tumores pediátricos.

En los dos últimos decenios se han registrado avances notables en el tratamiento radiológico del cáncer, por lo que la curación es hoy un objetivo terapéutico realista. Se han introducido sistemas de aplicación más precisa, exacta y reproducible de las radiaciones ionizantes, así como, por ejemplo, mejores procedimientos de diagnóstico y de planificación computadorizada de tratamientos. Al propio tiempo, se han adquirido importantes conocimientos sobre la física de la radioterapia y una mayor comprensión de los fenómenos de la radiobiología clínica. Estos progresos biológicos y técnicos de la radioterapia del cáncer han dado pie a mejoras sustanciales de las tasas de supervivencia de los pacientes que padecen la enfermedad de Hodgkins, carcinomas cervicales, carcinomas del endometrio, seminomas y carcinomas de la laringe.

Desafortunadamente, aún son frecuentes la recurrencia local y las metástasis distantes en gran parte

de los neoplasmas malignos. La incapacidad de controlar el proceso de la enfermedad con radioterapia se hace muy evidente en los pacientes que se encuentran en etapas avanzadas de tumores malignos de la cabeza y el cuello, el tracto gastrointestinal, el sistema ginecológico, la piel, los huesos, los tejidos blandos, etc.

En consecuencia, se realizan esfuerzos concretos encaminados a mejorar el potencial de la radioterapia en cuanto al control local y regional del cáncer, mediante la investigación y el desarrollo de múltiples estrategias terapéuticas. Se han introducido nuevas técnicas para aplicar la radioterapia convencional y se han complementado con métodos que pueden emplearse para modificar la respuesta de los tumores y los tejidos normales a la radiación. Entre esas técnicas figuran los cambios en la tasa de dosis, el tratamiento con modalidades combinadas incluidos los citostáticos, la sensibilización mediante fármacos o calor, y otras. Ya existen tipos novedosos de radiación que poseen ventajas físicas y biológicas, como los neutrones rápidos, los protones, los iones ligeros y pesados y los piones negativos.

Sin embargo, estos nuevos conceptos y métodos de tratamiento sólo pueden convertirse en armas eficaces contra el cáncer e incorporarse a la práctica clínica ordinaria mediante estudios clínicos minuciosos y profundos.

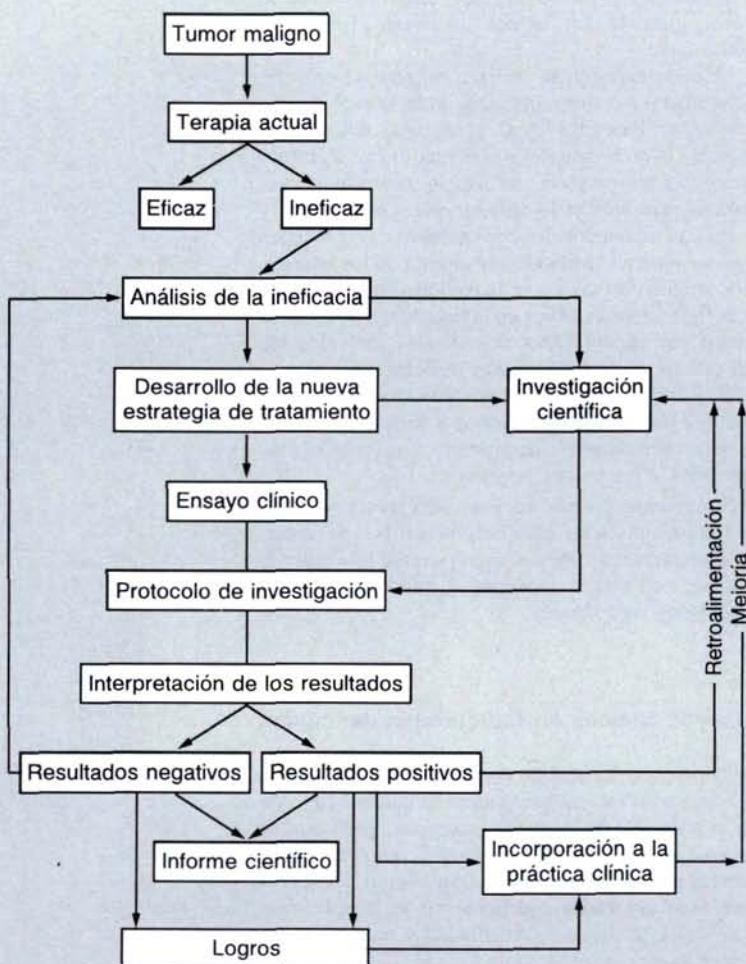
Ensayos clínicos en radioterapia del cáncer

Con el nivel actual de conocimientos, se dispone de numerosos métodos terapéuticos que pueden ayudar a controlar los tumores malignos, pero que no llegan a erradicarlos. Por lo tanto, como ya se dijo, sólo las nuevas estrategias de tratamiento basadas en conceptos avanzados podrían surtir un efecto inmediato sobre las tasas de morbilidad y mortalidad del cáncer.

Los ensayos clínicos son la metodología más importante (si no la única) a la hora de validar la eficacia de cualquier intervención terapéutica nueva. El ensayo clínico es un fenómeno relativamente reciente en la historia de la práctica médica. Sólo durante los últimos 40 años han tenido lugar ensayos bien realizados. Antes de la era de los ensayos clínicos modernos, las decisiones relativas al tratamiento se basaban en buena medida en la fe y la tradición, el respeto a la autoridad o, sencillamente, la observación anecdótica. Ultimamente se ha registrado un gran aumento del número de ensayos clínicos debido al desarrollo de muchas estrategias de tratamiento nuevas.

La evaluación de una estrategia de tratamiento puede efectuarse mediante el estudio retrospectivo (si ese tratamiento se había ensayado antes) o un ensayo clínico prospectivo. Uno de los grandes inconvenientes del estudio retrospectivo es la existencia de graves sesgos que afectan el análisis y la interpretación de los resultados. Ello se debe con frecuencia a la irregularidad en la selección de los pacientes y los procedimientos del tratamiento, así como a la presencia de numerosos datos y factores que no están avalados por una documentación.

Aspectos esenciales del proceso de los ensayos clínicos de radioterapia del cáncer



Son muchos los elementos que intervienen en la realización correcta de un ensayo clínico. Entre los más importantes figura el protocolo de investigación. En él deben definirse los objetivos del ensayo; el tipo de tumor; la etapa de la enfermedad; el programa de tratamiento; los criterios de garantía de calidad; los procedimientos aplicables en caso de toxicidad; los criterios en cuanto a la respuesta; los procedimientos de examen, incluido el examen ético; la creación de centros de datos; la contratación de clínicos y la captación de pacientes; la elegibilidad de los pacientes; los requisitos del consentimiento fundamentado; la obtención de datos; y el análisis estadístico. Entre otros logros del ensayo clínico se cuentan los siguientes: mejores resultados de la radioterapia; mejores índices terapéuticos; transferencia de habilidades y conocimientos; aplicación de la garantía de calidad; mayor competencia clínica y estadística; logros científicos; resultados sin sesgos; y ahorro de tiempo y dinero.

Por el contrario, el punto más fuerte de los ensayos clínicos prospectivos es el hecho de que los objetivos se definen claramente de antemano y los pacientes se seleccionan y reciben tratamiento en consecuencia. También se evalúan los datos de manera uniforme para garantizar que los resultados no muestren sesgos.

Principio fundamental del ensayo clínico. El principio fundamental de un ensayo clínico del cáncer es proporcionar a tipos específicos de pacientes el mejor tratamiento conocido, de manera planificada previamente y en condiciones controladas. Así, el ensayo clínico permite llegar a conclusiones fiables que pueden aplicarse después en beneficio de futuros pacientes.

Los ensayos clínicos son éticos sólo si los riesgos previsible se justifican en función de los beneficios previstos para el paciente y la comunidad. Sin embargo, no es ético iniciar un ensayo si no existe la posibilidad de abarcar el número de pacientes preestablecido a fin de garantizar que los resultados sean significativos desde el punto de vista estadístico; es decir, que las conclusiones sean fiables. Son pocas las instituciones que por sí solas pueden contar con casos suficientes durante un período aceptable para determinar con certeza y con significación estadística el valor de un régimen de tratamiento seleccionado.

Esto destaca la necesidad de llevar a cabo ensayos clínicos cooperativos entre varias instituciones (ensayos multicentros) a fin de asegurar la inclusión en el estudio del número requerido de pacientes. La gran mayoría de los ensayos multicentros son realizados por diferentes instituciones nacionales. Desde el punto de vista internacional, la División de Tratamiento de la Organización Europea de Investigación y Tratamiento del Cáncer (EORTC) es la única institución que participa en la realización de ensayos clínicos del cáncer en países de la Unión Europea y Suiza. Es interesante observar que de un total de 282 ensayos clínicos del cáncer emprendidos por la EORTC entre 1992 y 1993, sólo 35 se relacionan con la aplicación de radioterapia en el tratamiento del cáncer.

En los análisis periódicos de ensayos clínicos sobre el cáncer publicados por instituciones nacionales o internacionales se indica con frecuencia que si bien el resultado obtenido con los pacientes de cáncer es mejor si reciben tratamiento en un ensayo clínico, sólo una parte (por lo general menos del 10%) de los pacientes disponibles se inscriben en el estudio. El número insuficiente de casos es el principal obstáculo para la culminación satisfactoria de los ensayos, incluidos los ensayos cooperativos multicentros.

La falta de pacientes para los ensayos se debe a la existencia de criterios de exclusión muy estrictos. Por otra parte, responde a la regla principal de elegibilidad para participar en un ensayo clínico, según la cual se debe proporcionar a cada paciente el mejor tratamiento conocido. En los países industrializados, la mayoría de los pacientes de cáncer suelen acudir al médico durante una etapa relativamente temprana de la enfermedad, cuando el mejor tratamiento conocido es la cirugía, ya sea sola o combinada con la radioterapia convencional, la quimioterapia corriente o ambas cosas. Por el contrario, en los países en desarrollo la mayoría de los pacientes acuden al médico en etapas muy avanzadas de la enfermedad, cuando la prognosis es muy deficiente y las posibilidades de mejorar con la aplicación de los métodos clásicos de tratamiento son mínimas. Esto justifica que se analice la posibilidad

de diseñar ensayos clínicos sobre el cáncer en los que participen mancomunadamente equipos médicos de departamentos de radioterapia de países desarrollados y países en desarrollo por igual.

Papel actual y potencial del OIEA

Visto desde esta perspectiva, el OIEA tiene una oportunidad excepcional para ayudar a mejorar el control del cáncer, sobre todo en el mundo en desarrollo. Concretamente, puede actuar como un mecanismo que permita a los países participar en ensayos clínicos de radioterapia del cáncer, y puede ayudar a asegurar la captación del número necesario de pacientes. Es factible conseguir esto creando un grupo internacional de equipos de especialistas en oncología provenientes de centros escogidos de países en desarrollo Miembros del OIEA y equipos experimentados de los países adelantados, que tengan interés en participar en un ensayo clínico así como una formación científica y clínica sólida para ello.

Actualmente existe un mecanismo del OIEA para ese tipo de cooperación, los programas coordinados de investigación (PCI), que pueden utilizarse para fomentar la investigación y ayudar a lograr una transferencia eficaz de los conocimientos, las calificaciones y la conciencia de esta metodología en los países en desarrollo. Así, los resultados tendrían valor para todos los Estados Miembros del OIEA.

La realización y culminación satisfactorias de un ensayo clínico cooperativo en radioterapia del cáncer depende de que el diseño de la estrategia de tratamiento sea adecuado, de la normalización de la selección de pacientes y del cumplimiento uniforme de un conjunto de directrices terapéuticas cuidadosamente definidas. De esa forma, todos los pacientes del estudio recibirán esencialmente el mismo tratamiento cualquiera que sea el centro participante que los inscriba. Por tanto, es preciso que todos los participantes elaboren cuidadosamente y aprueben un protocolo de investigación. En la estructura del protocolo se deben definir con claridad los objetivos del estudio, los criterios para la elección de los pacientes (incluidos los criterios de exclusión), el tipo exacto de tumor maligno y las etapas permisibles de la enfermedad para el estudio, los detalles exactos de los regímenes terapéuticos que han de seguirse, los criterios de evaluación de la garantía de calidad, los criterios de respuesta, los procedimientos aplicables en caso de toxicidad y los métodos estadísticos de evaluación.

El cumplimiento estricto de un protocolo de tratamiento de esta índole, cuidadosamente diseñado y basado en los logros científicos y clínicos más recientes de la oncología, permitirá obtener muchos beneficios. No sólo ayudará a mejorar los resultados de la radioterapia aplicada a tumores seleccionados, sino que también servirá para hacer aún más competentes en esa esfera a las entidades que participen.

Ensayos clínicos en radioterapia del cáncer realizados con apoyo del OIEA. Hay varios ensayos clínicos en marcha que reciben apoyo del OIEA mediante los programas coordinados de investigación.

Uno de ellos versa sobre la aplicación de radiosensibilizadores en el tratamiento del cáncer. Su objetivo es mejorar el resultado terapéutico inducido por la radiación en el carcinoma cervical avanzado mediante la introducción de un radiosensibilizador de células hipóxicas en el plan de gestión terapéutica.

Se estima tácitamente que uno de los motivos del fracaso de la radioterapia del cáncer es la existencia de células hipóxicas, que por lo general constituyen alrededor del 20% de los tumores sólidos y son mucho más resistentes a la muerte celular inducida por radiación que las células normales bien oxigenadas. Se ha comprobado que para lograr en células hipóxicas la misma proporción de muerte celular que en células bien oxigenadas se necesita aproximadamente el triple de dosis de radiación.

Aunque aún no se conoce exactamente el grado en que las células hipóxicas impiden la curación de los tumores con radiación, se han realizado esfuerzos concretos por crear fármacos que puedan sensibilizarlas de manera efectiva a la radiación. Así aumenta la probabilidad de que la radioterapia del cáncer logre resultados positivos. El tipo más importante de fármacos de interés clínico es el de los compuestos de nitromidazol, de los cuales el agente más estudiado es el misonidazol (nitromidazol 2).

Desafortunadamente, la evaluación general de los resultados de 33 ensayos clínicos con misonidazol reveló problemas. Se comprobó que el posible beneficio de este fármaco en tratamientos combinados del cáncer con aplicación de radioterapia sólo se logra en un número limitado de casos —principalmente en tumores de la cabeza y el cuello— debido a la aparición de neuropatía periférica en aproximadamente el 50% de los pacientes. El problema radica en que la neurotoxicidad del fármaco, que limita la dosis, se manifiesta a un nivel de dosis acumulativa por debajo del cual no puede lograrse la sensibilización clínicamente detectable de las células hipóxicas. Entre otros sensibilizadores de células hipóxicas obtenidos anteriormente figura la síntesis de una serie de análogos del nitromidazol 2 que podría ser superior al misonidazol en lo concerniente a parámetros farmacocinéticos, de radiosensibilidad y toxicológicos.

Los datos de la bibliografía científica muestran claramente que el derivado del nitrotriazol conocido como AK-2123 es un radiosensibilizador hipóxico de menor neurotoxicidad que el misonidazol y mayor proporción de aumento de la sensibilización en condiciones clínicas.

Los resultados paraclínicos y clínicos obtenidos y publicados por 25 equipos procedentes de 11 países indican la posibilidad de aumentar el efecto de la radiación ionizante contra los tumores, en determinados tipos de tumores, cuando se emplea AK-2123. Sin embargo, es incuestionable que se necesitan más estudios sistemáticos sobre las propiedades toxicológicas y farmacológicas del AK-2123 para poder llegar a una conclusión fiable sobre su utilidad clínica en la radioterapia con sensibilización de los tumores. Esta tarea es un importante motivo de preocupación clínica y científica no sólo para los países en desarrollo sino también para los países industrializados. El PCI con apoyo del OIEA, mediante el cual se puede realizar un ensayo clínico

multicentros bien diseñado y controlado, ofrece una buena estrategia para ayudar a los países a lograr resultados beneficiosos.

El segundo PCI es un ensayo clínico aleatorio de radioterapia combinada con mitomicina C para el tratamiento de tumores de la cabeza y el cuello en estado avanzado.

El carcinoma celular escamoso de la cabeza y el cuello es un tumor maligno común en todo el mundo que presenta una prognosis muy insuficiente en los pacientes con tumores avanzados. La gran mayoría de los pacientes muere por causa de una enfermedad local no controlada (persistencia o recurrencia del tumor). La resección quirúrgica seguida de radioterapia postoperatoria sigue siendo una de las estrategias de gestión más utilizadas en pacientes que padecen de tumores malignos localmente avanzados pero resecables desde el punto de vista técnico. Sin embargo, incluso cuando se aplican tales tratamientos invasivos alrededor del 50% de los pacientes experimentará una recaída local o regional.

Podría mejorarse el control primario del tumor y, en consecuencia la supervivencia de los pacientes, si junto con la irradiación se pudiese administrar un fármaco citotóxico adecuado para consolidar el efecto de la radiación. Se ha demostrado que la mitomicina C es tóxica en particular para las células hipóxicas. Teóricamente, la administración concomitante de mitomicina C, con su toxicidad selectiva para las células hipóxicas, y de radioterapia, con su eficacia máxima contra las células bien oxigenadas, debe arrojar un índice terapéutico más elevado.

En los últimos 12 años se han realizado dos ensayos clínicos aleatorios consecutivos para determinar la eficacia de la mitomicina C como suplemento de la radioterapia (aplicada sola o en combinación con la cirugía) en pacientes con carcinoma celular escamoso de la cabeza y el cuello. El análisis de los resultados obtenidos hasta el momento sugiere que la mitomicina C aumenta el control radioinducido de los tumores locales sin intensificar las reacciones del tejido normal a la radiación. Sin embargo, el número de pacientes registrados hasta ahora en el estudio es insuficiente para la validación estadística del resultado. Mediante la organización de un ensayo clínico multicentros, el PCI del OIEA puede ayudar a obtener información valiosa sobre el beneficio terapéutico que representa unir la mitomicina C a la radioterapia para el tratamiento del carcinoma avanzado de los tumores de la cabeza y el cuello. También puede captar el número de casos requerido para la validación estadística de los resultados.

El OIEA también ha iniciado por medio de un PCI un ensayo clínico en el que se prevé la aplicación de radionucleidos. La terapia de radionucleidos con fuentes abiertas ha cobrado un nuevo impulso por contarse ahora con nuevos radiofármacos. El CPI está dirigido al uso de estroncio 89 (Sr-89) y fósforo 32 (P-32). Tiene por objeto hacer una evaluación comparativa de las ventajas relativas del Sr-89 y el P-32 en cuanto a eficacia y toxicidad cuando se utilizan en el tratamiento paliativo de las dolorosas metástasis de los tumores malignos de los huesos.

El P-32 existe desde hace más de 25 años y es relativamente barato y fácil de obtener. El Sr-89 es

un radiofármaco de reciente creación muy costoso y poco abundante. Se ha afirmado que los dos radionucleidos son igualmente eficaces, pero se estima que el P-32 es más tóxico para la médula ósea. Hasta el momento no se ha realizado una evaluación comparativa de estos agentes.

Los resultados de este ensayo clínico aleatorio controlado tendrán efectos de consideración sobre el empleo de los mencionados agentes en los países en desarrollo y dondequiera que la relación costo-beneficio sea un criterio importante en la atención de la salud.

En resumen, el objetivo de los programas del OIEA en materia de radioterapia del cáncer consiste en realizar ensayos clínicos de elevada calidad. Eso significa que en los estudios se aborde una cuestión vital desde el punto de vista clínico, que sean aleatorios, que cuenten con una muestra suficientemente grande y que satisfagan altos niveles de control de calidad.

Logros y beneficios

El protocolo de investigación es el elemento fundamental de los programas coordinados de investigación del OIEA en materia de radioterapia del cáncer. En él se esbozan los objetivos del estudio y se explican los mecanismos de su realización en la práctica clínica.

En términos reales, el protocolo de investigación refleja los logros científicos más recientes en oncología. Si se observa estrictamente el protocolo, estarán garantizadas la aplicación y la culminación satisfactorias de los programas propuestos del OIEA. Esto, a su vez, mejorará los resultados de la radioterapia, por ejemplo, las tasas de curación y la supervivencia de los pacientes de cáncer, además de elevar la competencia de las partes que participan en ese campo y estimular un empleo más difundido de este método multimodal en la práctica oncológica, sobre todo en los países en desarrollo.

Dosimetría radiológica en la atención sanitaria: Ampliación del alcance de las redes mundiales

El OIEA y la OMS toman medidas conjuntas a fin de mejorar los servicios de garantía de calidad para los hospitales y los centros de radioterapia

por Peter Nette
y Hans Svensson

En 1968, en una reunión celebrada en Caracas, se dio a conocer a un grupo de expertos internacionales una noticia desconcertante: en toda América Latina prestaban servicio corrientemente 50 unidades de radioterapia de cobalto 60, pero únicamente existían cinco físicos calificados en la atención de hospitales y ningún laboratorio para realizar la calibración de los instrumentos. Dicho de otro modo, no se había implantado sistema alguno para velar por la exactitud de las dosis que recibían los pacientes sometidos a tratamiento radioterapéutico.

La divulgación de esta noticia en la reunión de Caracas —que había sido convocada conjuntamente por el OIEA y la Organización Mundial de la Salud (OMS)— puso en marcha un plan de acción encaminado a mejorar la situación, no sólo en América Latina sino en todas las regiones del mundo.

El plan constaba de tres componentes: 1) el establecimiento de un servicio OIEA/OMS de intercomparación de dosis para hospitales de los países en desarrollo, a fin de ayudarles a vigilar y rectificar las dosis de tratamiento; 2) la creación de una red OIEA/OMS de laboratorios de calibración dosimétrica que ayudase a normalizar las mediciones radiológicas en los centros de radioterapia; y 3) capacitación en dosimetría radiológica por conducto del OIEA.

Hoy día esos tres componentes funcionan a nivel mundial y desempeñan papeles importantes en las actividades de apoyo que se llevan a cabo para mejorar la atención y el tratamiento radioterapéuticos del paciente.

En este artículo se examinan los avances alcanzados, y los problemas que aún subsisten a escala mundial. También se analizan las medidas que se están adoptando para alcanzar una meta impresionante, a saber, el establecimiento de un programa mundial de garantía de calidad que incluya verificaciones dosimétricas para los millones de pacientes que se someten a radioterapia todos los años.

Servicios y redes de dosimetría

Los tumores malignos —el cáncer— afectarán a muchos de nosotros. Por regla general, entre el 20% y el 30% de la población del mundo industrializado contrae cáncer. Actualmente el porcentaje general es inferior para los países en desarrollo, lo que se debe, ante todo, a lo reducidas que son las esperanzas de vida de sus habitantes. Es probable que esa situación cambie a medida que disminuyan las causas de muerte prematura.

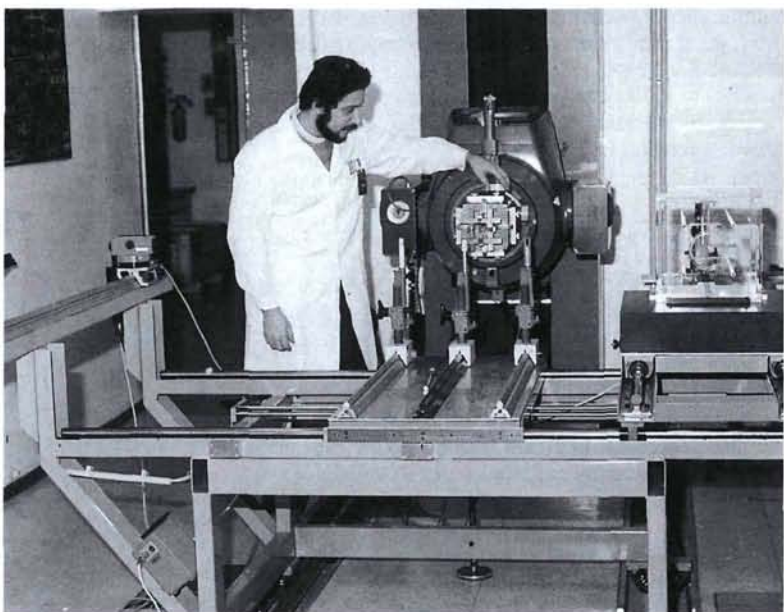
El tratamiento del cáncer comprende cirugía, quimioterapia y radioterapia, o cualquier combinación de las tres. En muchos países la radioterapia desempeña una función en el tratamiento del 50% al 60% de todos los pacientes de cáncer, ya sea como terapia curativa o como agente para aliviar el dolor.

Para los tratamientos con fines curativos, resulta de gran importancia concentrar la radiación en el tumor sólido y el tejido circundante, incluido lo que se denomina la propagación microscópica de las células cancerosas. El efecto radiológico depende de la cantidad de energía radiológica que se transfiere al tumor o a los tejidos sanos, es decir, la dosis absorbida por el tumor y el tejido. Puesto que el agua absorbe la radiación de modo similar al tejido, la cantidad material convenida para determinar la irradiación es, por ende, la dosis absorbida en el agua. Esa cantidad debe determinarse con la mayor precisión posible, teniendo en cuenta el delicado equilibrio existente entre el daño radiológico (la destrucción de tejido sano) y el beneficio radiológico (la erradicación del tumor o el control de su crecimiento). La determinación de la dosis para cada paciente requiere una labor sumamente especializada que, por regla general, realiza un físico médico en estrecha colaboración con un oncólogo radiólogo. Dicha dosis se basa en mediciones y cálculos autorizados.

Existen varios servicios que se prestan por diversas vías para ayudar a los países en la esfera de la dosimetría radiológica.

Servicio postal de intercomparación de dosis con DTL OIEA/OMS. El OIEA y la OMS ofrecen de manera conjunta a los hospitales participantes un servicio de intercomparación que emplea dosímetros de pequeña radiación, denominados técnicamente

El Sr. Nette es Jefe de la Dependencia de Dosimetría de los Laboratorios del OIEA en Seibersdorf, y el Sr. Svensson fue Jefe de la Sección de Dosimetría de la División de Sanidad Humana del OIEA.



En el Laboratorio de Dosimetría del OIEA: Evaluación de DTL irradiados (arriba), y calibración de una cámara de ionización.

dosímetros por termoluminiscencia (DTL). Consisten en cápsulas de polvo de fluoruro de litio y se preparan y calibran en el Laboratorio de Dosimetría del OIEA en Seibersdorf, Austria.

Mediante ese servicio los DTL, junto con una base de irradiación montable, se envían por correo a las oficinas de la OMS para su distribución a los hospitales de radioterapia participantes de los países en desarrollo. Allí, en las condiciones definidas para el tratamiento del paciente, se exponen a la dosis que determine el físico residente en el haz de cobalto 60 de la unidad de tratamiento. Luego las cápsulas de DTL se devuelven al Laboratorio del OIEA para la evaluación de la dosis real. La desviación entre la dosis citada por el hospital y la dosis evaluada por el OIEA se informa al hospital por conducto de la OMS. Toda desviación de más del 5% se considera

inaceptable y debe determinar una recalibración del haz de radiación del hospital empleado en el tratamiento de pacientes.

La red de laboratorios secundarios de calibración dosimétrica (LSCD) OIEA/OMS. Una de las recomendaciones formuladas por el grupo de expertos de Caracas fue uniformar las mediciones radiológicas empleadas en los departamentos de radioterapia de todo el mundo. En los países industrializados, los hospitales logran la uniformidad mediante la calibración de sus dosímetros conforme a los patrones primarios nacionales. Desafortunadamente, la enorme carga de trabajo que pesa sobre los 13 laboratorios primarios de calibración dosimétrica (LPCD) que funcionan a nivel mundial no permite la calibración de los dosímetros de referencia de otros miles de hospitales existentes en todo el mundo. De ahí que las autoridades nacionales competentes hayan designado a los LSCD para que proporcionen calibraciones certificadas.

Uno de los requisitos que establece la ciencia de las mediciones radiológicas (metrología de las radiaciones) es que los laboratorios normalizadores deben comparar sus patrones entre sí con regularidad. En el caso de los patrones primarios, la Oficina Internacional de Pesos y Medidas (OIPM) en París, Francia, es la responsable de organizar dichas intercomparaciones.

El mismo requisito es válido para los LSCD, y en 1976 el OIEA y la OMS crearon una red internacional de LSCD provista de un órgano de ayuda técnica gracias al cual la mayoría de los países en desarrollo participantes pueden recibir apoyo financiero, así como orientación y asesoramiento calificados. Hoy día la red abarca cerca de 60 laboratorios, la mayoría de los cuales se encuentra en países en desarrollo. El OIEA y la OMS comparten la labor administrativa y de coordinación, en tanto que la responsabilidad del desarrollo técnico de los laboratorios miembros recae sobre el OIEA.

El Laboratorio de Dosimetría del OIEA en Seibersdorf funciona como laboratorio central de la red. Numerosos LPCD nacionales y algunos órganos internacionales —entre ellos la OIPM, la Oficina Internacional de Metrología Jurídica y la Comisión Internacional de Unidades y Medidas Radiológicas (CIUMR)— apoyan la labor de la red de LSCD. También existe una Comisión Científica de LSCD de carácter permanente para brindar asesoramiento cuando sea necesario. Además, se puede obtener la ayuda de consultores y grupos asesores en la ejecución de proyectos concretos como la elaboración de informes técnicos, guías y manuales.

La actual distribución mundial de LSCD y LPCD demuestra que la mayoría de los países ha establecido una infraestructura para la normalización de las mediciones radiológicas. Con todo, es preciso realizar nuevos esfuerzos por ampliar el alcance de la red, sobre todo al continente africano.

El laboratorio de dosimetría del OIEA. Como ya se señaló, el Laboratorio de Dosimetría del OIEA en Seibersdorf, a unos 30 kilómetros de Viena, Austria, es el Laboratorio Central de la red de LSCD OIEA/OMS. Entre las actividades del laboratorio figuran las siguientes:

Programa de pruebas para LSCD: Resultados de un estudio piloto del OIEA

Tres LSCD, los de la Argentina, la India y Tailandia, participan en un estudio piloto del OIEA destinado a fortalecer los servicios de garantía de calidad en radioterapia. El estudio incluye pruebas de control de calidad que los tres LSCD han aprobado con resultados positivos:

Prueba 1: Se pidió a los LSCD que calibraran un juego de dosímetros de cámara de ionización. Seguidamente se compararon sus factores de calibración con los establecidos previamente por el OIEA. (Tailandia no ha terminado aún esta prueba.)

Prueba 2: Los LSCD evaluaron DTL de hospitales durante una serie de intercomparaciones empleando sus propias curvas de calibración y una que facilitó el OIEA. Luego se compararon los resultados.

Prueba 3: El OIEA participó en calidad de "hospital" en una serie de intercomparaciones organizada por cada LSCD.

Prueba 4: Los LSCD y el OIEA enviaron DTL para ser sometidos a irradiación en sus respectivos hospitales nacionales; los DTL del OIEA se enviaron al 10% de los hospitales. Los LSCD evaluaron sus DTL devueltos, el OIEA evaluó los suyos, y luego se compararon los resultados.

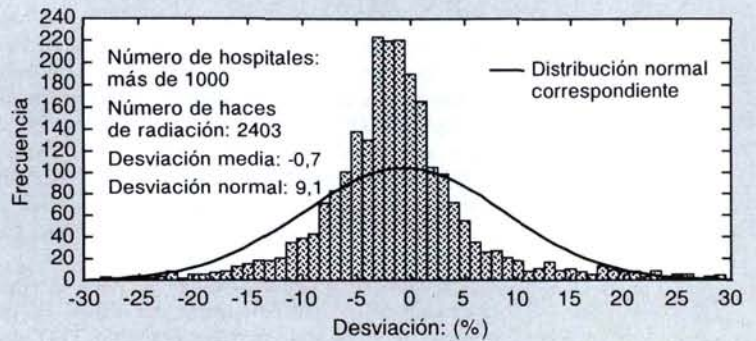
- organización de mediciones de intercomparación de dosis para los LSCD;
- realización todos los años de intercomparaciones de dosis para unos 100 centros de radioterapia;
- expedición de certificados de calibración para dosímetros de referencia de LSCD y hospitales;
- aceptación de personal de los LSCD para su capacitación in situ;
- diseño y elaboración de métodos y dispositivos especiales para su empleo en hospitales y LSCD;
- explotación de un Servicio Internacional de Garantía de Dosis para las instalaciones de radiotratamiento de los Estados Miembros del OIEA.

Por ejemplo, el laboratorio ha elaborado más de 80 lotes de DTL y los ha enviado y evaluado por medio del servicio postal de intercomparación de dosis. El servicio ha llegado a cerca de 1000 hospitales de países en desarrollo.

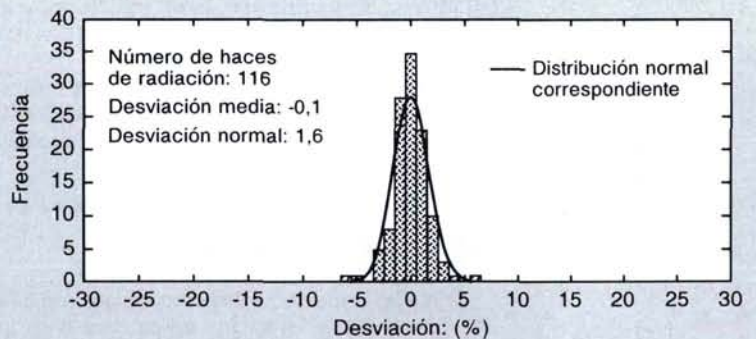
Hasta 1991 todos los resultados obtenidos correspondían a irradiaciones de cobalto 60. Desde entonces se ha ampliado el servicio para incluir los haces de rayos X de los aceleradores médicos que en número creciente se instalan en los países en desarrollo. Este servicio ampliado recibió el apoyo de los departamentos de física médica de 12 renombrados centros de radioterapia de Europa y los Estados Unidos de América. Estos departamentos facilitaron irradiaciones de referencia al OIEA para fines de evaluación. Se hicieron dos series de intercomparaciones utilizando DTL, una con 48 hospitales de Europa y los Estados Unidos y la otra con todos los departamentos de radioterapia de Australia,

Resultados de las intercomparaciones realizadas por el Laboratorio de Dosimetría del OIEA: Distribución de frecuencias

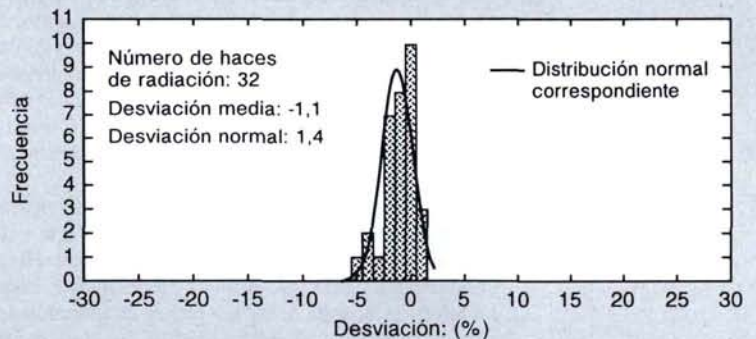
Hospitales a nivel mundial hasta 1994:



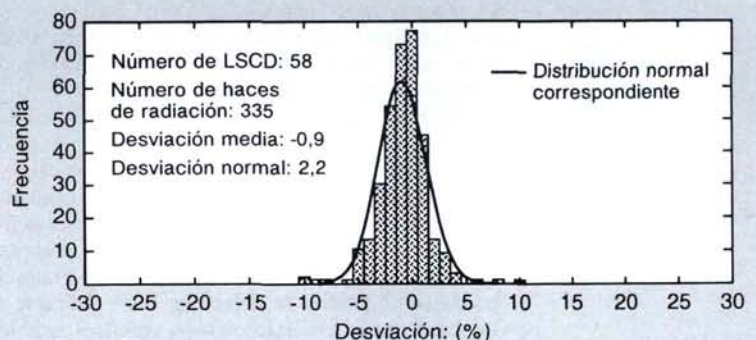
Hospitales de Europa y los Estados Unidos:



Departamentos de radioterapia de Australia:



Laboratorios Secundarios de Calibración Dosimétrica hasta 1993:



las cuales pueden considerarse muestras representativas del estado de la calibración de los haces de radiación en los países industrializados. (*Véanse los gráficos.*)

Desde 1991 el laboratorio del OIEA viene enviando un juego de DTL de seguimiento a los LSCD y los hospitales cuyos resultados han sido deficientes; de ese modo se les pide que repitan las mediciones de intercomparación. Hasta ahora todas las mediciones de seguimiento que se han efectuado con los LSCD han mostrado mejora, al arrojar resultados que están dentro del límite de aceptación establecido. Sin embargo, en muchos casos las mediciones de seguimiento realizadas con hospitales de países en desarrollo no han sido satisfactorias, aun después de un segundo seguimiento.

En todas las series de intercomparación se vigila la calidad del propio desempeño del OIEA. En ese proceso de vigilancia, se irradian algunos DTL con una dosis de referencia en el Laboratorio Primario Internacional de Calibración Dosimétrica de la OIPM o en laboratorios primarios nacionales, o en ambos, y luego son evaluados por el OIEA. Los resultados indican que con el sistema de DTL del OIEA la precisión en la determinación de la dosis es cerca del 1%, o sea, muy por debajo de los límites de aceptación de los LSCD (3,5%) y los hospitales (5%).

Red de verificación de la calidad

Según las respuestas a una encuesta que realiza el OIEA, hoy día se explotan corrientemente en los países en desarrollo alrededor de 2000 unidades de cobalto 60 y aceleradores médicos. Además, cada vez se instalan más aceleradores que también producen haces de electrones para el tratamiento de pacientes. Por ello es menester ampliar el servicio de DTL en consecuencia, proporcionando comprobaciones de calibración de haces de electrones. No obstante, el Laboratorio de Dosimetría del OIEA no cuenta con suficiente personal para dar cobertura a todas las máquinas.

Como ya se apuntó, los resultados demuestran claramente que en los países en desarrollo la calibración de los haces de radiación tiene que mejorar notablemente para alcanzar la uniformidad imperante en los hospitales de los países industrializados y en los LSCD. Las mediciones de seguimiento de los resultados deficientes sólo resolvieron el problema en algunos de los hospitales. Por consiguiente, se requiere más atención, así como mediciones in situ y análisis con los físicos de los hospitales. Ahora bien, esto resulta imposible con un servicio de control de calidad centralizado en el OIEA.

Además, un sistema eficaz de control de calidad para la dosimetría relacionada con el tratamiento de pacientes no debe ocuparse únicamente de la calibración del haz de radiación. También debe examinar todos los pasos dosimétricos, desde la prescripción de la dosis hasta la aplicación de ésta al paciente. Sólo entonces podrá conocerse con el alto grado de precisión requerido la dosis que debe aplicarse al tumor de cada paciente, y sólo entonces también podrán los distintos centros compartir sus experien-

cias con miras a hallar el mejor método de tratamiento.

Actualmente se lleva a cabo en centros europeos en colaboración con el OIEA, un estudio piloto para elaborar un programa de control de la calidad, que requiere el empleo de dosímetros en maniqués sometidos a radioterapia como si fueran pacientes. Para abarcar todos los hospitales europeos, es imprescindible que varios centros de referencia participen en la prestación de un servicio de DTL y en el seguimiento de las discrepancias detectadas.

El OIEA y la OMS han modificado el programa europeo para su aplicación en los países en desarrollo. Durante varios años, tres LSCD —los de la Argentina, la India y Tailandia— han venido explotando sus propios servicios nacionales de radioterapia de DTL basándose en los métodos del OIEA. Por ello se les ha pedido que participen en el estudio piloto con el empleo de sus sistemas de DTL. (*Véase el recuadro.*) El OIEA vigilará constantemente la calidad de la labor de esos centros con los DTL, como un paso hacia el logro de la uniformidad universal en la determinación de la dosis absorbida y en la precisión de sus mediciones.

Se espera que en los próximos años aumente la importancia de la radioterapia en el tratamiento del cáncer, sobre todo en el mundo en desarrollo. Para poder introducir técnicas modernas de tratamiento es menester mejorar la precisión de la dosimetría. En principio, un programa de garantía de calidad debería asegurar que todos los pacientes tratados con fines curativos recibieran la dosis prescrita dentro de un margen aproximado del 5%. El establecimiento de un programa de esa índole para el año 2000 es una tarea ingente, ya que tendría que incluir comprobaciones de dosimetría para los varios millones de pacientes que son tratados con radiaciones todos los años.

Si bien el trabajo fundamental de un programa de esa índole debe estar descentralizado, el OIEA y la OMS, mediante la organización de los LSCD, están en condiciones óptimas para coordinar el esfuerzo mundial. Los estudios experimentales realizados por la red europea de garantía de calidad y los tres LSCD de Estados Miembros del OIEA sitúan en una perspectiva más cercana la introducción de redes análogas para los LSCD y los hospitales de otras regiones. Ello podría culminar en un programa mundial que permitiera mejorar apreciablemente los cuidados asistenciales para millones de personas que padecen de cáncer.

Los efectos biológicos de las dosis bajas de radiación ionizante: Una visión más completa

Los últimos dos informes del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) proporcionan una amplia reseña de los conocimientos actuales

Cuando el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) presentó su informe de 1994 a la Asamblea General de las Naciones Unidas este año, la comunidad internacional obtuvo una visión más completa de los efectos biológicos de las dosis bajas de radiación ionizante. El informe de 1994, de 272 páginas, trata específicamente los estudios epidemiológicos de la carcinogénesis radioinducida y las respuestas adaptativas de las células y organismos a las radiaciones.

El informe tiene por objeto complementar el informe presentado por el UNSCEAR a la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1993* —un documento más extenso de 928 páginas, en el que se trataron los niveles globales de radiación, así como algunas cuestiones importantes relativas a los efectos de las radiaciones, incluidos los mecanismos de la oncogénesis radioinducida; la influencia del nivel de dosis y de la tasa de dosis sobre los efectos estocásticos de las radiaciones; los efectos hereditarios de las radiaciones; los efectos de las radiaciones sobre el cerebro humano en desarrollo; y los efectos deterministas tardíos en los niños.

Considerados en conjunto, estos dos informes constituyen una reseña impresionante de los conocimientos actuales sobre los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. El presente artículo —si bien no puede cubrir toda la información esencial— expone de manera sumaria los puntos destacados de la evaluación del UNSCEAR de los efectos de las dosis bajas de radiación ionizante, en adelante denominadas “dosis bajas de radiación” (véase el recuadro de la página 39) en el contexto de los datos radiobiológicos disponibles.

Los efectos radiobiológicos: su conocimiento actual

Desde el comienzo del siglo XX, se ha sabido que las dosis altas de radiación ionizante producen daños clínicamente detectables en un individuo expuesto a ellas, que pueden resultar tan severos como para llegar a ser mortales. Hace algunos decenios, se hizo

evidente que también las dosis bajas de radiación podían producir efectos severos sobre la salud, aunque de incidencia reducida y detectables únicamente mediante estudios epidemiológicos complejos de grandes poblaciones. Gracias a los trabajos del UNSCEAR, estos efectos se conocen ahora mejor y en forma más amplia y están mejor cuantificados.

Efectos a nivel celular: daño en el ADN y mecanismos reparadores. Los efectos biológicos de las radiaciones derivan del daño que éstas causan a la estructura química de la célula. En el caso de las dosis bajas de radiación, es motivo de inquietud el daño que causan al *ácido desoxirribonucleico (ADN)* existente en el núcleo de la célula. El daño se expresa como *mutación del ADN* en los genes de los cromosomas de las células madre, la cual puede alterar la información que pasa de una célula a su descendencia.

Aunque la mutación del ADN está sujeta a mecanismos reparadores eficientes, la reparación no está libre de error. La mayor parte del daño se repara, pero es el daño remanente o mal reparado el que tiene consecuencias para la célula y su descendencia. (Véase el recuadro de la página 38).

Datos relativos a la adaptación celular. Existen datos experimentales que demuestran que las mutaciones del ADN pueden ser reducidas por una pequeña dosis de radiación condicionante previa, debido probablemente al estímulo de los mecanismos de reparación de las células. (Véase el recuadro de la página 42). Un proceso de *respuesta adaptativa* de ese tipo ha sido demostrado en linfocitos humanos y en algunas células de ratones. La respuesta celular es transitoria y parecen existir variaciones individuales. Visto que se reconoce que la eficacia de la reparación del ADN no es absoluta, la adaptación ocurre probablemente junto con los procesos de mutación del ADN y sus efectos subsiguientes. El

por Abel J. González

El Dr. González es Director Adjunto de la División de Seguridad Nuclear del OIEA.

* Véase el Informe del UNSCEAR de 1994, *Fuentes y Efectos de las Radiaciones Ionizantes*; Publicación de las NU, N° de venta: E94.IX.11; Naciones Unidas, Nueva York (1994), y el Informe del UNSCEAR de 1993: *Fuentes y Efectos de las Radiaciones Ionizantes*; Publicación de las NU, N° de venta: E.94.IX.2; Naciones Unidas, Nueva York (1993). Véase también el *Boletín del OIEA*, Vol. 35, N° 4, página 49 (1993), en relación con los puntos más destacados del informe de 1993.

La exposición a las radiaciones y la materia viva

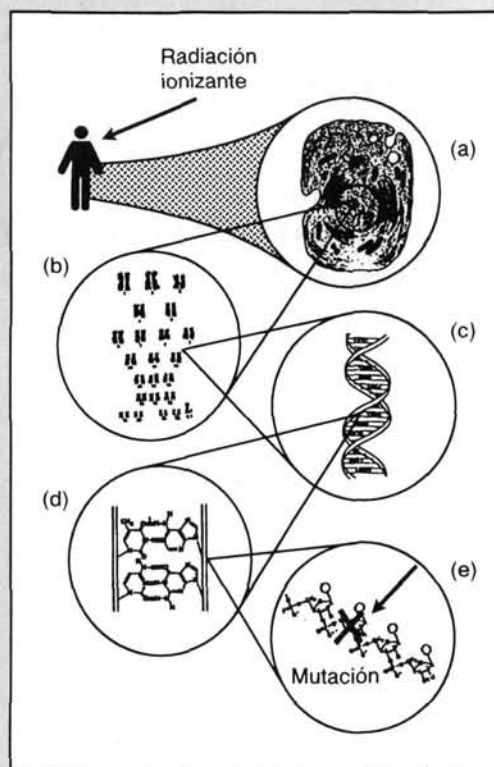
La interacción de las radiaciones con el material biológico afecta a la unidad más pequeña de materia viva capaz de existir independientemente: la *célula* (a). Una célula tipo es una bolsa de fluido, o *citoplasma*, envuelta por una membrana, que contiene un *núcleo* en el que se encuentran los *chromosomas* —hilos de sustancias biológicas complejas, incluido el componente más esencial para la vida, el *ácido desoxirribonucleico o ADN*— que lleva la información básica para la vida. Los cromosomas portan los *genes*, segmento del ADN que codifica la información y permite su transmisión de una célula a sus descendientes. El citoplasma también contiene *orgánulos* que rigen funciones metabólicas importantes de las células y la producción de la energía vital.

El cuerpo humano contiene alrededor de 100 billones (o 10^{14}) de células. Estas células varían en forma y tamaño, siendo el diámetro medio inferior a 10 micrómetros. La gran mayoría de las células son *células somáticas*, es decir, aquéllas que conforman la mayor parte del organismo. Un número relativamente inferior de células transmite la información hereditaria del organismo a sus descendientes durante la reproducción: estas células se denominan *células germinales*¹. Del gran número de células humanas, solo una pequeña parte tiene propiedades de las *células madre*, es decir, que pueden reproducir una progenie de células. El cuerpo humano contiene un total de entre 10^{10} y 10^{11} de estas *células madre*; la fracción de células madre varía según los tejidos y órganos, y también con la edad.

La radiación puede ionizar cualquier átomo existente en los componentes de la célula. Un resultado importante es la producción de *radicales químicos*, componentes extremadamente reactivos, capaces de promover cambios químicos en la célula. Estos cambios pueden causar daños a las funciones celulares esenciales, y posiblemente producir la muerte de la célula o impedir que ésta se reproduzca, o alterar la información genética. Las *células blanco* para los efectos de la radiación, que se expresan como una modificación de la información genética de la célula, son las células madre. Las interacciones de las radiaciones con el material de las células pueden ocurrir al azar en cualquier momento durante el proceso dinámico de reproducción de las células madre. A dosis bajas de radiación, puede haber una gran cantidad de radiaciones incidentes sobre cada célula, pero la frecuencia de las interacciones es extremadamente baja. Según estimaciones del UNSCEAR, una dosis baja de radiación (por ejemplo, 1 mSv por año) producirá, por término medio, aproximadamente una interacción por célula en un año.

La célula humana contiene 46 cromosomas (b) y un gran número de genes, los cuales determinan las características de un individuo. Los genes existen en formas alternativas denominadas *alelos* —uno de cada progenitor— que ocupan la misma posición relativa en los cromosomas que tienen la misma característica estructural. Un alelo puede ser *dominante* respecto del otro y determinar así qué aspecto de una característica particular será la que muestre el organismo; el otro alelo, "dominado", es conocido como *recesivo*.

El componente de los genes, el ADN (c), es un par de moléculas lineales en forma de cadenas largas enrolladas,



denominadas *polinucleótidos*, como una molécula compleja con forma de hélice doble constituyendo una escalera espiral, formada por dos cadenas —o ramas— entrelazadas. Esta molécula compleja abarca numerosas unidades individuales o *nucleótidos*, (d). Los nucleótidos constan de cuatro tipos de bases complementarias denominadas *adenina, guanina, timina y citosina*. Las secuencias de las bases expresan el código genético.

Por la acción directa o indirecta de los radicales químicos, la radiación puede inducir cambios en la secuencia de las bases y, por lo tanto, alterar el código genético. Este proceso se denomina *mutación*, o un cambio repentino al azar en la secuencia de los nucleótidos de una molécula del ADN, (e), conduciendo a alteraciones en el código genético que pueden tener como consecuencia que las células afectadas y todas las derivadas de ellas difieran en aspecto o comportamiento —lo que se denomina cambio en el *fenotipo*. Las alteraciones posibles son la *mutación puntual*, o sustitución de un nucleótido por otro, y la *mutación clastogénica*, incluidas la *inserción* o *supresión*, que es la adición o remoción de cualquier parte del ADN, desde un par de bases hasta partes bastante extensas, y la *inversión*, que es la excisión de una parte de la hélice doble seguida de su reinsertión en la misma posición, pero en la dirección contraria. La mutación se transmite de un individuo a su progenie durante la reproducción, a través de las *células germinales*.

Una célula u organismo cuyo fenotipo se ha visto alterado por la mutación se denomina *mutante*. La causa más común de producción de mutantes es el error al azar en la reproducción del ADN durante la multiplicación de la célula. La tasa de mutación aumenta si la célula se expone

a **mutágenos** físicos o químicos o a agentes capaces de causar mutaciones. El calor es probablemente el mutágeno ambiental más importante, mientras que la radiación es un mutágeno con una incidencia más reducida.

Una mutación puede ser eficazmente reparada por la célula mediante mecanismos todavía no bien comprendidos. Es probable que, si ocurre una mutación puntual en una sola de las bases de una de las ramas del ADN, su reparación sea fácil, ya que la base complementaria en la otra rama puede actuar aparentemente como molde de copia para la reparación; pero en el caso de mutaciones que ocurren en la misma posición de las dos ramas, o si ocurre un daño clastogénico, la reparación libre de error es menos probable. La radiación parece ser un estimulante del proceso de reparación. (Véase el recuadro sobre la respuesta adaptativa, en la página 42). Ahora bien, parece que siempre existe una probabilidad de reparación errónea, incluso en el caso de mutaciones puntuales en una sola rama.

La mutación no reparada es responsable del detrimento causado a la célula mutada. Si una mutación no es reparada en forma apropiada, el resultado para la célula puede ser de dos tipos: la célula muere —por ejemplo, mediante la *apoptosis*²— o sobrevive como célula viable, pero transformada, que puede dar origen a una nueva familia de células mutantes. Ambos resultados tendrán consecuencias muy diferentes para el organismo. A dosis bajas de radiación, la muerte de las células es reducida y generalmente no tiene consecuencias graves para la salud. Pero una célula transformada puede evolucionar de manera tal que cause efectos graves sobre la salud: si la célula transformada es somática, puede ser la iniciadora de una enfermedad maligna, y si es germinal, de enfermedades hereditarias.

Células germinales son: las células que se encuentran en los *túbulos seminíferos de los testículos*, que se dividen por mitosis en *espermatozonias* y seguidamente en *espermatozoides*, y por meiosis en *espermátides*, que con el tiempo se convierten en *espermatozoides*, así como las células especiales en el ovario denominadas *oogonias*, que se dividen por mitosis en *oocitos*, que después de dos divisiones meióticas se transforman en un *óvulo*. La fusión de un espermatozoo y un óvulo forma un *cigoto*, que es el origen de un nuevo ser.

² La *apoptosis* es un proceso ordenado, sistemático y programado de muerte por autodestrucción de la célula. Probablemente como resultado de alteraciones genéticas, la célula entra en un período de basofilia citoplásmica y condensación nuclear, seguido de eosinofilia y condensación citoplásmica, fragmentación y disolución de la célula y, de manera característica, fagocitosis por células vecinas. Contrariamente a la *diferenciación terminal de la célula*, que es una cesación de la reproducción de la célula, a la *senescencia* celular, que se manifiesta solamente al final de la vida de la célula, y a la muerte celular desorganizada por *necrosis*, la *apoptosis* es un proceso celular ordenado de autodestrucción que puede iniciarse en cualquier momento durante la vida de la célula. Se especula que la radiación puede ser un iniciador importante de la apoptosis, que podría tener un posible efecto benéfico sobre la promoción de tumores y la progresión maligna.

Dosis de radiación

Por *radiación* se entiende la energía que se propaga en forma de ondas electromagnéticas o fotones, o en forma de partículas subatómicas. La radiación ionizante es aquella que tiene energía suficientemente alta para originar —en el medio a través del cual pasa— la producción de pares de iones, es decir de átomos o grupos de átomos que han perdido o ganado uno o más electrones, quedando así positiva o negativamente cargados, y los correspondientes electrones complementarios. En lo que respecta a los efectos biológicos, el medio en el que se producen los pares de iones es el material biológico, más concretamente, el material celular.

Por *dosis (absorbida) de radiación* se entiende generalmente la cantidad de energía absorbida de la radiación ionizante por unidad de masa del material. Esta cantidad se expresa en unidades de energía por unidades de masa, es decir en julios por kilogramo, que toma el nombre especial de gray (Gy); [1 Gy = 1000 miligray (mGy)]. A los efectos de la protección radiológica, la dosis absorbida se pondera para tener en cuenta la eficacia de los diferentes tipos de radiación y la radiosensibilidad de varios órganos y tejidos. La cantidad resultante se denomina *dosis efectiva*, y su unidad es el sievert (Sv) [1 Sv = 1000 milisievert (mSv)]; para los fotones en el rango de energías intermedias, 1 mGy es aproximadamente igual a 1 mSv.

El término *dosis baja de radiación* se utiliza para hacer referencia a una dosis de radiación inferior a niveles determinados; algunas veces se emplea también de manera informal para significar una tasa de dosis baja, es decir, una dosis baja por unidad de tiempo. En foros radiobiológicos especializados, una dosis (y tasa de dosis) baja se refiere a exposiciones en las que resulta muy improbable que ocurra más de un caso de absorción de energía de la radiación en las partes críticas de una célula (y que la dañe) durante el tiempo en que pueden actuar en ella sus mecanismos de reparación. Por ejemplo, el UNSCEAR concluye que una dosis baja de radiación corresponde a una dosis total inferior a 200 mSv y a tasas de dosis por debajo de 0,1 mSv por minuto (lo que en realidad es una tasa de dosis muy alta, de unos 5000 mSv por año).

Para las personas no especializadas, las dosis bajas de radiación corresponderían a niveles similares a los de, por ejemplo, la exposición a la radiación natural o algunas exposiciones muy comunes a la radiación, tales como las que ocurren en los viajes en avión. La exposición a la radiación natural varía ampliamente alrededor del mundo. Algunos valores "normales" [y "elevados"] de tasas de dosis anuales son los siguientes: para rayos cósmicos, 0,38 mSv [2,0 mSv]; para la radiación de la corteza terrestre, 0,43 mSv [4,3 mSv]; y para la exposición al radón, 1,2 mSv [10 mSv]; con un valor medio total de unos 2,4 mSv por año. La dosis anual media para las personas que vuelan muy frecuentemente (como la tripulación de los aviones) es de unos 2,5 mSv. Estos niveles de tasas de dosis del orden de unos cuantos mSv por año producirían, a lo largo de toda la vida, una dosis de unos 100 mSv, lo que está dentro del orden de magnitud de las dosis bajas de radiación determinadas por el UNSCEAR.

balance entre la reparación celular estimulada y el daño residual todavía no resulta claro.

Relación dosis-respuesta. Si la mutación del ADN depende de la interacción de la radiación con una sola célula, la frecuencia de esa mutación —en los casos en que no hay ninguna interacción entre las células— debería seguir una relación lineal-cuadrática respecto de la dosis. (Véase el recuadro de la página 42). Además, si se supone que, en el caso de dosis bajas de radiación, las interacciones únicas son más dominantes que los efectos de trazas múltiples, la frecuencia de células con una o más interacciones y, en consecuencia, la frecuencia de las mutaciones del ADN, serán simplemente proporcionales a las dosis. En tal caso, si una fracción de las mutaciones se mantiene sin reparar, el número esperado de células mutadas será proporcional a las dosis.

Muerte celular: efectos deterministas. Varias de las interacciones de la radiación con la célula y algunas de las mutaciones del ADN no reparadas pueden conducir a la muerte de la célula mutada, o impedir que ésta tenga descendencia. Lo anterior puede ocurrir como resultado de la *necrosis celular* (es decir, su muerte patológica como consecuencia de un daño irreversible causado por la radiación), de una *apoptosis* celular (es decir, la autodestrucción programada de la célula) o del impedimento de la reproducción celular normal. En el caso de las dosis bajas de radiación, la muerte celular es poco frecuente y, por lo tanto, no tiene consecuencias para la salud en vista de la redundancia de las funciones celulares y el reemplazo celular. En el caso de las dosis altas de radiación que podrían matar a un gran número de células en un órgano o tejido, el efecto de muerte celular puede ser mortal para el tejido, y si se trata de tejidos vitales, para el individuo afectado. Aunque la muerte de células individuales ocurre al azar, los efectos sobre la salud resultantes de una muerte celular extensiva a dosis altas se denominan "*efectos deterministas*", dado a que está predeterminado que ocurran cuando la dosis supere un cierto nivel umbral. Por lo tanto, los efectos deterministas no se expresan clínicamente a dosis bajas de radiación. Excepcionalmente, la muerte de unas pocas células esenciales durante el desarrollo orgánico en el útero puede producir efectos nocivos severos que se expresan clínicamente en el recién nacido; en general, estos efectos se denominan "*efectos sobre el embrión*".

Transformación celular: efectos estocásticos. Otras mutaciones del ADN no reparadas pueden producir células madre modificadas, pero viables. Si la célula modificada es una *célula somática*, puede ser la iniciadora de un largo y complejo proceso que puede conducir a "*efectos somáticos*" severos, tales como el cáncer. De manera alternativa, si la célula es *germinal*, la mutación podría expresarse como "*efectos hereditarios*" en la descendencia de la persona expuesta. Estos efectos sobre la salud, tanto somáticos como hereditarios, derivados de una modificación celular se denominan "*efectos estocásticos*", ya que su expresión es de naturaleza aleatoria, es decir que ocurren al azar.

Carcinogénesis

Uno de los efectos estocásticos más importantes de las radiaciones es la *carcinogénesis*. Se cree que la carcinogénesis es un proceso de etapas múltiples que generalmente se divide, aunque en forma imprecisa, en tres fases: la *iniciación* del cáncer, la *promoción* del tumor y la *progresión* maligna. (Véase el recuadro de la página 41). Se supone que la radiación es más un *iniciador* que un *promotor* o un *agente progresivo*. Por lo tanto, como en el caso de las dosis bajas de radiación, la probabilidad de que se inicien mutaciones es proporcional a la dosis, la probabilidad de carcinogénesis también debería ser proporcional a la dosis.

Mecanismos de inmunorespuesta y vigilancia celular. Se ha argumentado que la respuesta inmunitaria podría no desempeñar un papel funda-

mental en la moderación de la carcinogénesis humana radioinducida. Sin embargo, las funciones inmunitarias especializadas de ciertos órganos y la existencia de mecanismos de vigilancia celulares no inmunogénicos sugieren que una fracción de las células pre-neoplásticas tempranas podría eliminarse antes de que se establecieran realmente. Otros mecanismos defensivos contra la inducción y el desarrollo de tumores incluyen las ya mencionadas reparación del ADN, apoptosis, diferenciación terminal y supresión fenotípica. En su conjunto, estos mecanismos reducirán la probabilidad de que una célula blanco específicamente dañada progrese hacia una franca malignidad; ahora bien, la estimación de esta probabilidad es extremadamente difícil.

Respuesta adaptativa de los organismos. En la literatura se encuentran informes que proporcionan datos relativos a la respuesta orgánica adaptativa a la exposición a las radiaciones de mamíferos de laboratorio. Sin embargo, vista la falta de pruebas concluyentes, el UNSCEAR se mantiene indeciso en cuanto a si la adaptación también ocurre a nivel del sistema celular y a si el sistema inmunológico desempeña algún papel en el proceso.

Datos epidemiológicos de la carcinogénesis. Aunque todavía no es posible determinar clínicamente si una enfermedad maligna específica fue causada o no por la radiación, se ha detectado y cuantificado estadísticamente la existencia de tumores y leucemias radioinducidos mediante estudios epidemiológicos de poblaciones expuestas a dosis de radiación relativamente altas. Desde la iniciación hasta la expresión clínica del cáncer transcurre un período de tiempo denominado período de latencia. Su duración varía según el tipo de cáncer, desde algunos años en el caso de la leucemia, hasta decenios en el caso de tumores sólidos. La acción de la radiación es solo uno de los muchos procesos que influyen en el desarrollo de las enfermedades malignas y, por lo tanto, se ha encontrado que la edad en la que se expresa una enfermedad maligna radioinducida no difiere de la edad en la que surge de forma espontánea.

Los estudios epidemiológicos de varias poblaciones expuestas a dosis y tasas de dosis de radiación generalmente altas, incluidos los sobrevivientes de los bombardeos atómicos en Hiroshima y Nagasaki (Japón) y pacientes expuestos en procedimientos médicos terapéuticos, han conducido a una asociación inequívoca entre las dosis de radiación y la carcinogénesis.

La fuente más completa de información epidemiológica primaria es el "estudio a lo largo de toda la vida" de los sobrevivientes japoneses. Este estudio ha demostrado una correlación positiva entre la dosis de radiación recibida y el incremento subsiguiente en la incidencia de tumores de pulmón, estómago, colon, hígado, mama, ovario y vejiga, así como también de varias formas de leucemia, pero no para casos de linfomas o mielomas múltiples, y en la mortalidad debida a los mismos. De los 86 300 individuos, aproximadamente, incluidos en la cohorte de ese estudio, durante el período 1950-1987 se registraron 6900 muertes causadas por tumores sólidos, pero solo unas 300 de esas muertes por cáncer pueden atribuirse a la exposición a las

La carcinogénesis: un proceso de etapas múltiples

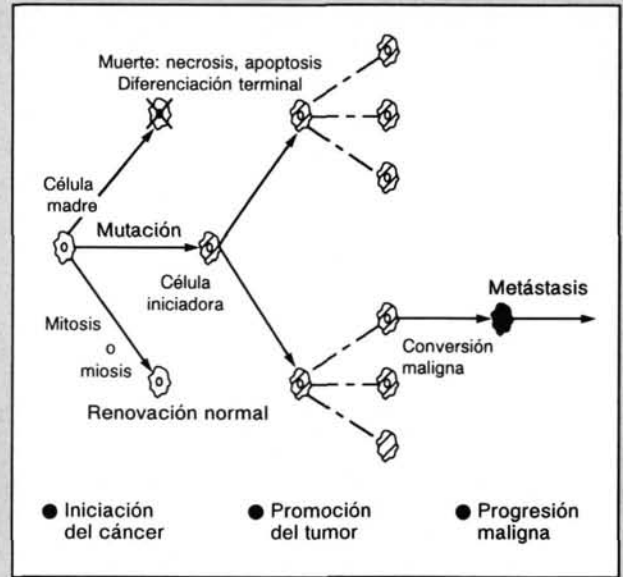
Se cree que la carcinogénesis es un proceso de etapas múltiples, generalmente dividido en tres fases: iniciación del cáncer, promoción del tumor y progresión maligna.

Iniciación del cáncer. La mayoría de los cánceres, si no todos, parecen "iniciarse" a partir de una mutación del ADN en una sola célula madre, que se convierte así en una célula modificada y carcinogénica. Este proceso supone una falta de control sobre el ciclo de reproducción y la diferenciación celulares. Se supone que comienza como resultado de la desactivación de los *genes supresores de tumores*, que parecen desempeñar un papel fundamental en la regulación de la proliferación celular. La pérdida de actividad de estos genes a través de, por ejemplo, una supresión o una mutación, puede conducir a un crecimiento celular incontrolado. El proceso de iniciación de la carcinogénesis podría también ser el resultado de la conversión de *proto-oncogenes*, que parecen participar en la regulación de la proliferación y diferenciación de las células y que podrían convertirse en oncogenes y transformar la célula afectada en una célula maligna. Los tamaños relativos de los blancos para la inducción de estos sucesos tenderían a señalar a los genes supresores de tumores como los blancos más radiosensibles. Se supone que el suceso iniciador se centra en la desactivación de un solo gen entre varios genes posibles y que la iniciación es un proceso irreversible.

Promoción del tumor. La fase de promoción supone la expansión clonal de una célula madre iniciadora en un foco de células no diferenciadas terminalmente. La célula iniciadora puede ser estimulada o "promovida" para reproducirse por algunos agentes que, por sí solos, pueden tener un potencial carcinogénico bajo, pero que son capaces de aumentar en gran medida la producción de neoplasmas inducidos por la exposición previa a un iniciador. La radiación, al igual que muchos otros agentes, puede actuar indistintamente como iniciador y como promotor. Después de la fase de iniciación, la célula transformada puede tener alguna ventaja proliferativa o selectiva respecto de las células normales, como, por ejemplo, un tiempo de reproducción más corto. Ahora bien, las células transformadas y sus descendientes inmediatos están rodeados de células normales, lo que restringe sus propiedades pre-neoplásicas al estar propensas a ser eliminadas en los respectivos procesos reproductivos competitivos. La eliminación se hace más improbable a medida que el número de células transformadas aumenta. Así, la fase de promoción parece ser potencialmente interrumpible y reversible.

Progresión maligna. Tras la iniciación y la promoción, se necesita una fase adicional de "progresión" para completar la carcinogénesis en etapas múltiples. Esta fase se caracteriza por una tendencia progresiva

hacia una malignidad incrementada. La progresión podría verse facilitada por alteraciones adicionales en las células iniciadoras y promovidas, para hacerlas independientes de promotores e invasivas. La característica fenotípica principal de la progresión maligna es la capacidad para dispersarse, o metastizarse, desde la masa del tumor primario y establecer focos de crecimiento secundario, o metástasis, en otros lugares. Se trata de un proceso complejo y multifacético que parece involucrar una serie de cambios genéticos subsiguientes en el clon de células pre-neoplásicas en evolución, que incluyen cambios en la tasa de crecimiento, respuesta del factor de crecimiento, invasividad y potencial metastásico. La fase de progresión incluye angiogénesis, desprendimiento, invasión, liberación, supervivencia (interacción con el huésped), detención, extravasación e invasión, nuevo crecimiento y angiogénesis. Se trata pues de un proceso repetitivo hasta que se producen las metástasis clínicamente importantes. Todavía no se sabe si la exposición a la radiación influye en los cambios que conducen a la progresión, ni se conocen el momento y la forma en que se produciría esa influencia, ni las diferentes etapas que constituyen este proceso. La fase de progresión también parece ser irreversible.



radiaciones. Los datos epidemiológicos sobre la incidencia de leucemia en el mismo período indican que de un total de 230 muertes por leucemia, 75 casos pueden atribuirse estadísticamente a dicha exposición. Los datos relativos a incidencia también demuestran una incidencia excesiva del cáncer de tiroides y de piel (excluidos los melanomas). El estudio proporciona escasa o ninguna prueba de la radioinducción de cánceres de recto, cuello, vesícula biliar, laringe, próstata, cuello y cuerpo uterinos, páncreas, riñón, pelvis renal y testículos, ni tampoco de la leucemia linfocítica crónica y la enfermedad de Hodgkin.

Los estudios epidemiológicos sobre los efectos de la exposición a tasas de dosis bajas realizados en relación con las exposiciones ocupacionales han mostrado datos conflictivos. Mientras que algunos

de los estudios sobre exposiciones ocupacionales han indicado un exceso significativo del riesgo de leucemia en los trabajadores expuestos a las radiaciones, lo que está de acuerdo en general con las estimaciones derivadas de estudios relativos a tasas de dosis altas, otros no han podido demostrar ninguna correlación positiva. (Véase la nota del autor en la página 45). Ahora bien, los estudios sobre el cáncer de pulmón en los mineros ocupacionalmente expuestos al radón han podido mostrar una correlación positiva coherente entre una incidencia de cáncer excesiva y la dosis de radiación.

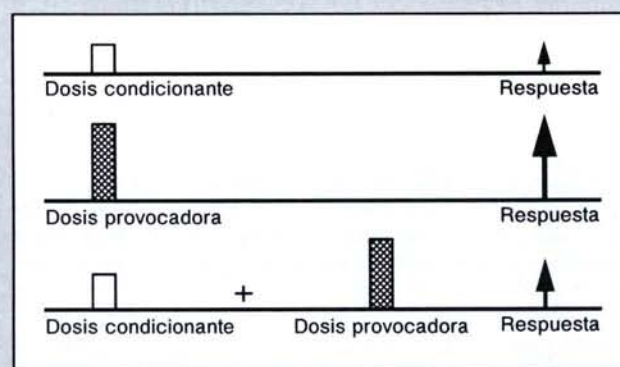
Se han realizado numerosos estudios sobre la exposición ambiental, especialmente sobre la incidencia de la leucemia en las poblaciones que viven cerca de instalaciones nucleares. Si bien unos pocos estudios de ese tipo indicaron inicialmente

Respuesta adaptativa

Desde hace muchos años se conoce la posibilidad de que las dosis bajas de radiación causen cambios en las células y organismos, reflejando una capacidad de compensación de los efectos de las radiaciones. Se ha sugerido que las estimaciones del riesgo de efectos estocásticos debidos a dosis bajas de radiación pueden haber sido sobrevaloradas por no haberse tenido en cuenta este proceso, que se denomina de adaptación o *respuesta adaptativa*. El término respuesta adaptativa se utiliza para hacer referencia a la posibilidad de que una dosis pequeña de radiación —denominada de varias formas, tales como *dosis adaptadora*, *inductora*, *preparadora* o *condicionante*— pueda condicionar a las células mediante la inducción de procesos que reduzcan ya sea la incidencia natural de enfermedades malignas o la probabilidad de que una dosis de radiación adicional —generalmente denominada *dosis provocadora*— cause un exceso de dichas enfermedades. La respuesta adaptativa *in vitro* de linfocitos tiene lugar entre unas cuatro a seis horas después de una exposición a una dosis condicionante en el rango de unos 5 a 200 mGy, y permanece efectiva durante tres ciclos celulares aproximadamente. Después de una dosis provocadora, la reparación se manifiesta como una reducción —por debajo de los niveles esperados— de aberraciones cromosómicas, intercambios cromosómicos gemelos, micronúcleos inducidos y mutaciones en locus específicos, algunas veces en un factor aproximadamente igual a dos. Además, las células de la médula ósea y los espermatoцитos de ratones expuestos a una dosis provocadora después de haber recibido una dosis condicionante, también muestran una reducción de rupturas cromosómicas en comparación con las células expuestas solamente a la dosis provocadora.

Parece que muchos agentes pueden ser activados algún tiempo después de una exposición a la dosis condicionante y reducir las mutaciones del ADN debidas a exposiciones ulteriores a la dosis

provocadora. Estos incluyen los genes que codifican los factores de transcripción —es decir, los factores que afectan al proceso de transferencia de la información genética del ADN— y la síntesis de enzimas involucradas en el control del ciclo celular y, por lo tanto, en la proliferación de las células y en la reparación de los daños. Algunas observaciones apoyan la hipótesis de que las dosis condicionantes activan ciertos genes y que esto es rápidamente seguido por la síntesis de las enzimas responsables de la reparación del ADN. Parece que si se dispone de estas enzimas en la concentración adecuada en el momento en que las células reciben la dosis provocadora, la magnitud de la reparación del ADN mejora. Los mecanismos de respuesta adaptativa parecen ser similares a los que actúan después de una exposición a otros agentes tóxicos, incluyendo cantidades indiciaras de radicales oxidantes. Por lo tanto, la respuesta adaptativa a la radiación podría ser el resultado de un mecanismo general de respuesta celular ante un daño.

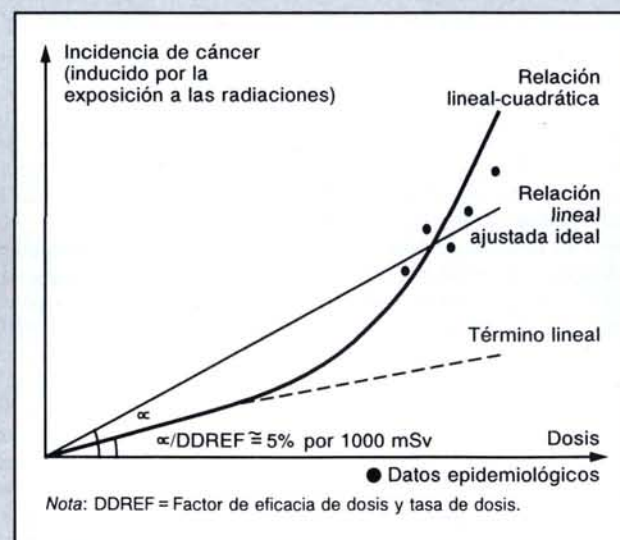


Relación dosis-respuesta

Se supone que la radiación actúa mediante interacciones de trazas únicas que ocurren al azar según una distribución de Poisson en una población homogénea de células. Se puede demostrar matemáticamente que una expresión lineal-cuadrática es la que describe la *relación dosis-respuesta* teórica —es decir, la relación matemática entre la dosis recibida y la probabilidad de expresión de un efecto atribuible a la radiación. Esta relación es la que mejor se ajusta a los datos epidemiológicos disponibles. Para dosis bajas de radiación, la radiación produce tan pocas trazas que resulta muy improbable que una célula única (o núcleo) sea atravesada por más de una traza. Por lo tanto, en virtud de estas suposiciones la relación dosis-respuesta está casi obligada a ser lineal e independiente de la tasa de dosis y a no tener un umbral de dosis.

Dado que la mayoría de los datos epidemiológicos disponibles se han obtenido a dosis altas solamente, el enfoque que se utiliza habitualmente para evaluar el riesgo a dosis bajas es el de ajustar a los datos una relación dosis-respuesta lineal ideal a fin de proyectarla a las dosis bajas, respecto de las que se carece de datos. Como se supone que la curva dosis-respuesta real sigue una relación lineal-cuadrática en la que el término lineal prevalece a dosis bajas, debe aplicarse un factor de reducción —que se denomina “factor de eficacia de dosis y tasa de dosis” o DDREF. Sobre la base de los datos experimentales, parece que el valor de DDREF debería ser pequeño. Para la transformación y la mutagénesis de células somáticas y germinales, se han observado valores de DDREF de cerca de 2 o 3, aunque a tasas de dosis bajas no se ha observado ninguna reducción de efectos (es decir, que el DDREF fue 1), en una amplia gama de dosis. Tomados en conjunto, los datos epidemiológicos disponibles sugieren que para la inducción de tumores

debería adoptarse un DDREF que fuese bajo, probablemente de alrededor de 2 y no mayor de 3. En el caso de enfermedades hereditarias, la mayoría de los datos experimentales relativos a animales apoyan un DDREF de 3.



correlaciones positivas entre grupos de casos de leucemia y la cercanía de instalaciones nucleares, otros datos indican que es improbable que esos grupos puedan atribuirse a la exposición a las radiaciones. Una excepción particular resulta ser un estudio de las personas expuestas a descargas de materiales radiactivos de actividad alta en el Río Techa, en la antigua URSS, entre las cuales se ha encontrado una incidencia excesiva de la leucemia. Las comparaciones entre la incidencia del cáncer en zonas con niveles altos y bajos de exposición a la radiación natural de fondo no han mostrado ninguna asociación estadísticamente significativa.

Pruebas epidemiológicas no concluyentes de la respuesta adaptativa. Los estudios epidemiológicos humanos sobre la respuesta adaptativa han tenido menos fuerza estadística. Por lo tanto, no proporcionan datos que demuestren la existencia de una respuesta adaptativa expresada como un decrecimiento de la frecuencia de los casos de cáncer que se presentan de manera espontánea en los seres humanos. Además, los extensos experimentos realizados en animales y el número limitado de datos humanos no proporcionan pruebas concluyentes en apoyo de la opinión de que la respuesta adaptativa de las células reduce o incrementa los riesgos de cáncer en los seres humanos debidos a los efectos de la radiación a dosis bajas.

Modelos para la carcinogénesis. Las evaluaciones del riesgo de carcinogénesis se efectúan mediante la extrapolación de los limitados datos epidemiológicos disponibles, teniendo en cuenta suposiciones teóricas a partir de modelos radiobiológicos plausibles. Por ejemplo, para poder obtener el riesgo durante toda la vida de una población expuesta, es necesario proyectar la frecuencia de inducción del exceso de cánceres detectados durante el período de observación, a lo largo de toda la vida de la población. Esto se hace actualmente mediante un modelo "multiplicativo" (en lugar de un modelo "aditivo" simple), en el que se supone que la tasa de cánceres inducidos aumentará con la edad, en proporción con la tasa de cánceres espontáneos (que también aumenta con la edad).

El UNSCEAR utiliza tres proyecciones multiplicativas: una supone que la tasa relativa de excesos se mantiene constante durante toda la vida, y las otras, que esa tasa decrece en algún momento posterior a la exposición (el riesgo de muerte radioinducida es mayor en el caso del modelo constante, mientras que el número de años perdidos por cada caso inducido puede resultar mayor con los otros modelos).

Por otra parte, la falta de datos epidemiológicos sobre la inducción del cáncer y la leucemia a dosis bajas hace que sea necesario recurrir a los datos relativos a la incidencia a dosis altas para las estimaciones del riesgo. Debería aplicarse un factor de reducción al riesgo que se deduce de un ajuste lineal teórico (y sin umbral) de los datos epidemiológicos referentes a dosis y tasas de dosis altas. Para la estimación de riesgos, el UNSCEAR emplea un factor de reducción aproximadamente igual a dos, estimado con una incertidumbre considerable, sobre la base de supuestos teóricos y algunos

datos epidemiológicos. (Véase el recuadro de la página 42.)

Efectos hereditarios

Cualquier mutación no reparada del ADN en células germinales, que no sea mortal para la célula afectada, podría transmitirse, en principio, a las generaciones ulteriores y manifestarse como *trastornos hereditarios* en los descendientes del individuo expuesto. Los estudios epidemiológicos no han detectado, con un grado de confianza estadísticamente significativo, ningún efecto hereditario de las radiaciones en seres humanos. Sin embargo, basándose en la experimentación genética con una amplia gama de estudios sobre organismos y células, y teniendo en cuenta las limitaciones estadísticas de los hallazgos humanos negativos, se supone de manera conservadora que ocurre realmente una inducción de efectos hereditarios en los seres humanos como consecuencia de su exposición a las radiaciones. Los posibles efectos hereditarios pueden ser resultado de:

- una mutación dominante (es decir, una mutación en el *alelo dominante* de un *gen*, que puede heredarse de uno solo de los padres y que conduce a trastornos en la primera generación y que puede pasar sin expresarse a través de varias generaciones);
- una mutación recesiva (es decir, una mutación en el *alelo recesivo*, que solo puede heredarse de ambos padres —porque en el caso contrario prevalecería el *alelo dominante*— y que produce pocos efectos en las primeras generaciones, aunque puede acumularse en el "pool" de genes de la población, es decir, en el conjunto de genes existentes en una población; y
- potencialmente, *trastornos multifactoriales* debidos a mutaciones resultantes de la interacción de diversos factores genéticos y ambientales.

El proceso de generación de trastornos hereditarios resultantes de la radiación es menos conocido que el de la carcinogénesis, pero los supuestos empleados son similares: que el origen estocástico del trastorno ocurre en una sola célula y que cualquier interacción de la radiación en ella es plenamente capaz de convertirse en un iniciador. Por lo tanto, también se supone que la respuesta a las dosis bajas de radiación es lineal con la dosis y no tiene umbral.

Modelos para los trastornos hereditarios. En vista de la falta de pruebas epidemiológicas directas, las incidencias de los efectos hereditarios radioinducidos en los seres humanos se estiman mediante dos métodos indirectos en los que se utilizan datos obtenidos en experimentos con animales. El *método de la dosis dobladora* (o *de mutación relativa*) proporciona la estimación en términos del número adicional de casos de una enfermedad hereditaria atribuida a la radiación, utilizando la frecuencia natural (de dicha enfermedad) como marco de referencia. Se pretende expresar así la probabilidad de que una enfermedad hereditaria sea inducida por la radiación en relación con su aparición natural general en la población. (Así, la *dosis dobladora* es aquella que se prevé que producirá tantas mutaciones como las que tienen lugar espontáneamente en una

generación y se obtiene como cociente entre la tasa de mutaciones espontáneas en un locus —o posición— del gen pertinente de un cromosoma, y la tasa de inducción de mutaciones prevista por unidad de dosis). El *método directo* (o de *mutación absoluta*) evalúa directamente la incidencia prevista de enfermedades hereditarias, combinando el número de genes en los que pueden producirse las mutaciones, con el número de mutaciones previsto por unidad de dosis y la propia dosis. Por lo tanto, pretende expresar la probabilidad de enfermedades hereditarias de manera absoluta, en términos del incremento previsto de la frecuencia de la enfermedad. Las estimaciones del riesgo no incluyen generalmente los numerosos trastornos y enfermedades hereditarios de etiología compleja y multifactorial, en vista del hecho de que cualquier efecto de las radiaciones sobre la incidencia de los trastornos multifactoriales debe ser solo leve y es altamente especulativo.

Efectos sobre el embrión

Los efectos de la radiación *in utero* se denominan generalmente efectos sobre el embrión. Pueden producirse en todas las etapas del desarrollo embrional, desde el cigoto hasta el feto, e incluir efectos mortales, malformaciones, retraso mental e inducción de cáncer. Los tres primeros pueden ser el resultado posible de efectos deterministas durante el desarrollo embrional, particularmente durante el período de formación de los órganos.

De los casos de retraso mental severo observados en algunos niños expuestos *in utero* en Hiroshima y Nagasaki, se han obtenido datos relativos a los efectos de la radiación sobre el crecimiento y desarrollo del cerebro. Los efectos debidos a la exposición *in utero* a dosis y tasas de dosis altas, vinculada en particular al período entre las 8 y 15 semanas después de la concepción, parecen indicar una tendencia descendente en la distribución del cociente intelectual (IQ). En el caso de las dosis bajas de radiación, este posible efecto sobre el embrión no es detectable en el recién nacido.

Los estudios de exposiciones *in utero* han proporcionado datos conflictivos en lo que respecta a la carcinogénesis en los niños: desde riesgos relativamente altos hasta riesgos esencialmente no detectables, incluyendo un (posible) riesgo nulo. No existe ninguna razón biológica para suponer que el embrión es resistente a la carcinogénesis, pero sobre la base de los datos actualmente existentes no es posible cuantificar de manera segura tales efectos.

Puntos más destacados de las conclusiones del UNSCEAR

Teniendo en cuenta la información radiobiológica y radioepidemiológica disponible, el UNSCEAR ha efectuado varias estimaciones cuantitativas de los efectos sobre la salud de las dosis bajas de radiación. Como resultado de ellas, el comité científico continúa considerando que la radiación es un carcinógeno débil y una causa potencial aún más

débil de enfermedades hereditarias. A continuación se presenta un resumen de las estimaciones cuantitativas del UNSCEAR:

● Estimaciones epidemiológicas:

Riesgo de muerte durante toda la vida:

- 1,1% tras una exposición de 1000 mSv para la leucemia y 10,9% para los tumores sólidos (12% en total). Como referencia, en el informe del UNSCEAR de 1988, los datos correspondientes eran del 1,0% para la leucemia y del 9,7% para los tumores sólidos.
- Relación lineal entre 4000 y 200 mSv (a dosis más bajas hay muy pocos indicios).

● Estimaciones radiobiológicas:

Para dosis bajas (crónicas) de radiación del orden de 1 mSv por año:

- probabilidad de un exceso de enfermedades malignas: 10^{-4} por año
- probabilidad durante toda la vida: 0,5%
- proporción de casos de cáncer mortales en la población que pueden atribuirse a la radiación: aproximadamente 1 en 40.

Las estimaciones anteriores se basan en las siguientes suposiciones e inferencias:

Suposiciones:

- células del cuerpo humano: 10^{14} células por individuo
- células madre blanco: de 10^{10} a 10^{11} células por individuo
- suceso iniciador: mutación única de un gen entre aproximadamente 10 genes posibles
- tasa de mutaciones inducidas (por célula): 10^{-5} por 1000 mSv.
- probabilidad de exceso de enfermedades malignas: del 10% aproximadamente; y
- interacciones por célula: 1000 por 1000 mSv.

Inferencias:

- exceso de enfermedades malignas: 1 por cada 10^{11} a 10^{12} células blanco que reciban 1000 mSv;
- tasa de desactivación de los genes blanco: 10^{-4} por cada célula por mSv; y
- probabilidad de que una sola traza de interacción conduzca a un exceso de enfermedades malignas: de 10^{-14} a 10^{-15} .

● Estimaciones de los riesgos:

Riesgos de enfermedades malignas:

- probabilidad de un cáncer mortal radioinducido durante toda la vida: 5% por 1000 mSv en una población nominal de todas las edades; y 4% por 1000 mSv en una población de trabajadores.

Riesgos de efectos hereditarios:

(utilizando el método de la dosis dobladora)

- probabilidad de efectos hereditarios radioinducidos para todas las generaciones: 1,2% por 1000 mSv (o 1,2% por generación para una exposición continuada de 1000 mSv por generación)
- probabilidad de efectos hereditarios en las dos primeras generaciones: 0,3% por 1000 mSv

(utilizando el método directo)

- probabilidad de efectos hereditarios (trastornos clínicamente importantes) en la primera generación:*

0,2% y 4% por 1000 mSv.

Riesgo de efectos sobre el embrión:

(para aquéllos expuestos *in utero* durante el período comprendido entre 8 y 15 semanas después de la concepción)

- tendencia descendente de la distribución del IQ:*

30 puntos IQ por 1000 mSv

- dosis necesaria para pasar de un IQ normal a un retraso mental severo:*

1000 mSv o más

- dosis necesaria para pasar de un IQ bajo a un retraso mental severo:*
unos centenares de mSv.

Teniendo en cuenta las estimaciones en conjunto del UNSCEAR y añadiéndoles un detrimento estimado debido a los casos de cáncer no mortales, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) ha recomendado el empleo, con fines de protección radiológica, de los siguientes riesgos nominales totales debidos a los efectos estocásticos de la radiación:

- 0,0073% por mSv para la población en su conjunto; y
- 0,0056% por mSv para todos los trabajadores adultos.

Estos han sido los factores de riesgo nominales utilizados en la elaboración de las nuevas Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación.*

Perspectiva

Gracias al trabajo de un organismo excepcional del sistema de las Naciones Unidas, el UNSCEAR, los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes se conocen mejor que los producidos por muchos otros agentes químicos y físicos que afectan a los seres humanos y al medio ambiente. No obstante, todavía existen muchas cuestiones sin respuesta en la esfera de la radiobiología, particularmente en lo que atañe a los efectos de las dosis bajas de radiación. Uno de los problemas es la falta de pruebas empíricas. Cabe destacar que en el caso de las dosis bajas, los estudios epidemiológicos solo tienen actualmente una capacidad limitada para detectar y cuantificar estadísticamente los efectos estocásticos significativos de las radiaciones —tanto somáticos como

hereditarios. Por lo tanto, no existen, y probablemente no se obtendrán durante mucho tiempo, pruebas directas inequívocas de los efectos de la radiación a dosis bajas. Para obtener pruebas inequívocas se requerirían estudios epidemiológicos serios, capaces de asociar una mayor incidencia de los efectos específicos sobre la salud con la exposición a las radiaciones. Tales estudios tendrían que superar las limitaciones estadísticas y demográficas inherentes y, lo que es más, incluir la verificación correcta de los casos, grupos de comparación apropiados, seguimiento suficiente, control de los factores de confusión y dosimetría bien caracterizada. Dado que actualmente no es posible obtener tales pruebas para los efectos de las dosis bajas de radiación, cabe prever que se seguirá planteando el problema de la falta de pruebas directas en relación con dichos efectos.**

En vista de estas limitaciones, las estimaciones de los riesgos de las radiaciones deben basarse en un modelo radiobiológico idealizado, destinado a proporcionar la base para la interpretación de los resultados epidemiológicos disponibles para las dosis altas de radiación. Aunque el modelo refleja los conocimientos sólidos adquiridos hasta ahora, es bastante simple, quizás incluso simplista, y todavía se encuentra en evolución. Se están produciendo adelantos científicos que permitirán ampliar los conocimientos sobre los efectos biológicos de las radiaciones y que podrían exigir una modificación del modelo. Las actividades de investigación en la esfera de la biología molecular, por ejemplo, podrían proporcionar nueva información sobre los mecanismos de inducción del cáncer. Los mecanismos de respuesta adaptativa y el papel de la exposición a las radiaciones en la iniciación, promoción y progresión del cáncer serán mejor comprendidos. Los años venideros podrían cambiar nuestra visión de los efectos de las dosis bajas de radiación sobre la salud.

No obstante los rápidos adelantos en los campos científicos pertinentes, el UNSCEAR todavía no ha considerado necesario efectuar una revisión importante de su percepción de los efectos biológicos de las radiaciones y las consiguientes estimaciones de riesgos. Cerca de la cuarta parte de la humanidad sufre enfermedades malignas mortales, pero, como lo señala el UNSCEAR, solo "aproximadamente el 4% de las muertes por cáncer pueden ser atribuidas a las radiaciones ionizantes, la mayoría de las cuales se deben a fuentes de radiación naturales que no son susceptibles de ser controladas por el hombre".

* Las normas fueron elaboradas bajo los auspicios del OIEA y otras cinco organizaciones: la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la Organización Internacional del Trabajo, la Organización Mundial de la Salud, y la Organización Panamericana de la Salud. En el artículo publicado por el autor en el *Boletín del OIEA*, Vol. 36, N° 2 (1994) se presenta un informe sobre las nuevas normas.

** Nota del autor: En el momento de publicarse el presente artículo, el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer está dando a conocer los resultados de un estudio epidemiológico sobre los riesgos de cáncer entre 95 673 trabajadores de la industria nuclear. El estudio proporciona las estimaciones directas más precisas de la mortalidad debida a una exposición prolongada a dosis bajas de radiación. Como se informa en la revista *Lancet* (344: 1039-43), estas "estimaciones no proporcionan pruebas suficientes de que las estimaciones [del UNSCEAR] estén muy equivocadas".

Transferencia de tecnología para la gestión segura de desechos radiactivos: Adaptación de los enfoques

En respuesta a una amplia gama de necesidades, el OIEA ha desarrollado paquetes e instrumentos estandarizados para prestar asistencia a los países en esferas específicas

por Donald Saire,
Curt Bergman,
Candace Chan
y Vladimir
Tsyplenkov

La mayoría de los países del mundo no posee centrales nucleares. Por ejemplo, alrededor del 75% de los 121 Estados Miembros del OIEA está comprendido dentro de esta categoría. Estos países aplican tecnologías nucleares principalmente con fines médicos, industriales, de investigación y de otra índole. Desde el punto de vista de la gestión de desechos radiactivos, esta amplia gama de aplicaciones nucleares, así como el nivel de infraestructura de cada país y su etapa de desarrollo, plantean un variado conjunto de problemas.

La asistencia que el OIEA presta a los países por intermedio de su programa de gestión de desechos radiactivos, incluye la transferencia directa e indirecta de diversos tipos de tecnologías y servicios. Su objetivo es ayudar a los países a proteger eficazmente la salud de las personas y el medio ambiente, ahora y en el futuro, del peligro radiológico que representan los desechos radiactivos. El programa del OIEA, que comprende proyectos de transferencia de tecnología concebidos especialmente para atender a tipos de requisitos específicos, refleja la diversidad de necesidades e intereses nacionales. En el presente artículo se examinan los elementos y las estrategias fundamentales de ese programa.

Identificación de necesidades y estrategias

Para comprender mejor la situación general de los países, el OIEA ha establecido una clasificación interna que agrupa a los países por el tipo y la cantidad de desechos radiactivos generados. (Véanse el cuadro y los recuadros de la página 48.) El Programa de Asesoramiento sobre Gestión de Desechos Radiactivos (WAMAP) del OIEA y otras misiones de expertos han señalado claramente que los países tienen que atender una serie de necesidades para solucionar los problemas específicos de la gestión de desechos.

El Sr. Saire es Jefe de la Sección de Gestión de Desechos de la División del Ciclo del Combustible Nuclear y Gestión de Desechos del OIEA y el Sr. Bergman, la Sra. Chan y el Sr. Tsyplenkov, son funcionarios de esa Sección.

En la actualidad, sólo algunos países en desarrollo pueden cumplir íntegramente los requisitos que plantea una gestión de desechos adecuada y segura. En la mayoría de los países en desarrollo, la situación varía desde el incumplimiento hasta el cuasicumplimiento. Entre los requisitos que han de satisfacer está la creación de una infraestructura amplia de gestión de desechos. La infraestructura abarca elementos tales como el marco jurídico, el órgano reglamentador, las entidades explotadoras, los recursos y el personal capacitado. Por conducto del programa de Normas de seguridad para la gestión de desechos radiactivos (RADWASS) del Organismo, se está documentando el consenso internacional logrado en éstas y en otras esferas.

El OIEA ejecuta diversos programas de gestión de desechos radiactivos que, en conjunto, tienen por objeto lograr un nivel mínimo de cumplimiento en todos los países y crear los elementos necesarios para sustentar un sistema. Este es un proceso largo que requerirá tiempo, pero permitirá alcanzar un nivel de seguridad adecuado para los trabajadores y el público.

Anteriormente, el medio de prestación de asistencia era el de transferir tecnología de gestión de desechos ya probada en países industrializados. Aunque es muy importante contar con una maestría tecnológica adecuada, la experiencia ha demostrado que no basta, porque la tecnología no es más que uno de los elementos componentes necesarios de la infraestructura requerida. No puede sustentarse ni explotarse sin los demás componentes de la infraestructura de apoyo. Aun cuando el OIEA no tiene autoridad para asegurar que un país cuente con la infraestructura adecuada ni la responsabilidad jurídica en ese sentido, sí tiene alguna responsabilidad moral, especialmente en los casos en que proporciona tecnología nuclear y equipo, o el propio material radiactivo.

Estrategia del OIEA para la transferencia de tecnología

Muchas de las solicitudes de prestación de asistencia técnica en gestión de desechos radiactivos que se reciben de países en desarrollo son similares

en alcance y objetivos. También suelen ser bastante similares los volúmenes, las características y los niveles de actividad de los desechos generados o que se prevé generar.

Teniendo esto en cuenta, el OIEA empezó a aplicar una estrategia para prestar asistencia técnica en forma de paquetes estandarizados de instalaciones centralizadas de gestión de desechos, y de instrumentos de apoyo, técnicas y procedimientos que pueden modificarse con facilidad para satisfacer las necesidades específicas de cada país. Estos paquetes e instrumentos estandarizados incluyen lo siguiente:

- el Registro de Fuentes de Radiación Selladas (SRS);
- un diseño de una Instalación de Fuentes Selladas Gastadas (SSSF);
- un diseño de una Instalación Centralizada de Tratamiento y Almacenamiento de Desechos (WPSF);
- una colección de Manuales Técnicos para el tratamiento y almacenamiento de desechos radiactivos generados en aplicaciones nucleares.

El Registro de SRS. Esta base de datos computarizada se está desarrollando en el marco de un programa de fuentes selladas gastadas del OIEA. El objetivo principal del proyecto de registro es crear un instrumento básico de gestión que los países podrían utilizar en sus actividades de control y registro de la información sobre fuentes de radiación selladas a nivel nacional, regional o local.

Se establecieron varios requisitos prácticos que ha de cumplir el sistema de registro. Debe contener información sobre toda la vida de una fuente —desde su origen hasta su desaparición (o su devolución al proveedor); debe ser utilizable por una amplia gama de organizaciones, por ejemplo, entidades reglamentadoras, explotadores, laboratorios, y otras; debe ser fácil de usar y mantener; y no debe requerirse el empleo de un soporte lógico especial ni de equipo avanzado.

El registro tiene dos funciones básicas. En primer lugar, reúne información sobre las características esenciales de una fuente de radiación sellada, como el nombre del radionucleido, la actividad, la serie de la fuente u otros números de identificación, la ubicación física, la entidad usuaria, el propietario de la fuente, su proveedor, su uso previsto o real y cualquier tipo de contenedor o equipo conexo. En segundo lugar, el registro permite conservar información pertinente sobre la fuente cuando termina su vida útil (o sea, cuando se gasta) de manera que se puedan determinar acertadamente los procesos o las decisiones. También debe proporcionar capacidades de archivo integrales.

Se hizo llegar una versión del registro a algunos Estados Miembros del OIEA para realizar un ensayo sobre el terreno que concluyó en junio de 1994. Las observaciones recibidas hasta el momento durante la fase de ensayo han sido muy positivas. Ya varios Estados Miembros han solicitado la base de datos para usarla de inmediato, pese a que se encuentra en la fase de desarrollo. Aducen que tener un registro casi completo es mejor que no tener ninguno. Se prevé que en enero de 1995 estará disponible la versión definitiva del registro.

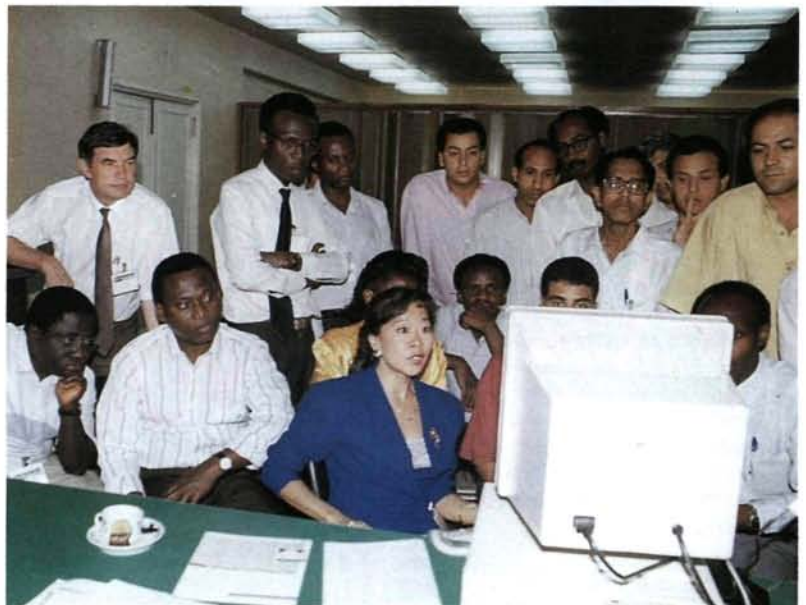
El paquete de SSSF. En 1993, en respuesta a la creciente necesidad de manipular, acondicionar y almacenar en condiciones de seguridad las fuentes radiactivas gastadas antes de su evacuación, el OIEA comenzó a elaborar un diseño estándar de instalación en la que todas las operaciones previas a la evacuación se realizaran en una sola dependencia. Esas instalaciones son necesarias pero faltan en muchos países en desarrollo, sobre todo en aquellos donde los radionucleidos sólo se emplean en algunos hospitales o institutos de investigación. El diseño de una SSSF incorpora requisitos específicos tales como tecnología sencilla, mantenimiento fácil, flexibilidad, economía y seguridad. La instalación estándar consiste en un edificio de una sola planta dividida en varias salas y zonas en las que las fuentes gastadas pueden recibirse, vigilarse, almacenarse hasta su desintegración o acondicionamiento, inmovilizarse si fuera necesario y prepararse para su traslado a un almacenamiento provisional.

En el paquete de diseño se recomienda el empleo de una gama de equipo y artículos de consumo necesarios para manipular e inmovilizar las fuentes selladas gastadas. La instalación de almacenamiento provisional puede colindar con la SSSF, compartir el mismo emplazamiento o estar en un emplazamiento alejado que requiera transporte. Hay tres tipos de diseño de construcción para satisfacer las necesidades de climas cálidos áridos, cálidos húmedos o fríos.

El paquete de WPSF. Este paquete es un diseño de referencia elaborado específicamente para facilitar el tratamiento de lotes de desechos radiactivos diferentes con distintas actividades, propiedades físicas y composición química, provenientes de múltiples aplicaciones de radisótopos y de su producción.

Al elaborar el diseño de referencia, y con el objetivo de definir sus requisitos, el OIEA estudió cuidadosamente las técnicas de gestión de desechos radiactivos empleadas en el mundo. En primer lugar,

Vista de un curso de capacitación del OIEA sobre gestión de desechos radiactivos.
(Cortesía: C. Chan, OIEA)



Generación de desechos radiactivos

La explotación de las instalaciones del ciclo del combustible nuclear no es la única fuente de desechos radiactivos; éstos también se generan en diversas actividades que incluyen:

Centros de investigaciones nucleares. En los reactores de investigación se producen radisótopos con diversos propósitos mediante la irradiación de objetivos especiales, o en un acelerador de partículas, de donde se extraen después los isótopos deseados o se procesan en celdas calientes o en laboratorios cercanos. Algunas instalaciones están situadas en un centro de investigaciones nucleares donde también se usan y manipulan radisótopos. No es probable que sea grande el volumen de desechos radiactivos líquidos y sólidos que producen los usuarios individuales de materiales radiactivos del centro. La mayor parte de los desechos radiactivos, sólidos y líquidos, están contaminados con radisótopos de período corto y son candidatos al almacenamiento hasta su desintegración y descarga ulterior, o a la evacuación como desechos no radiactivos. Los desechos que contienen productos de fisión de período largo, incluidos los nucleidos transuránicos, se generan exclusivamente en algunos laboratorios de países en desarrollo. Sólo una parte muy pequeña de los desechos radiactivos está contaminada con radisótopos de período largo.

Hospitales. El uso de materiales radiactivos en la medicina para fines de diagnóstico y terapia es extremadamente importante y está en constante expansión. En muchos casos no se dispone de métodos alternativos. Las principales esferas de aplicación son el radioinmunoanálisis, las técnicas de diagnóstico *in vivo* e *in vitro*, la radioterapia y las investigaciones médicas. Estas actividades entrañan no sólo el uso de fuentes no selladas, sino también de fuentes selladas de elevada concentración alojadas en conjuntos blindados.

Industria. Determinadas industrias usan material radiactivo, principalmente en forma de fuentes selladas, para análisis o ensayos no destructivos, control de calidad, la evaluación del comportamiento de las instalaciones y el desarrollo de productos. Las cantidades de materiales radiactivos empleados dependen en gran medida del desarrollo y el nivel de la tecnología nacional.

Universidades y otros institutos de investigaciones. Los centros de investigaciones y las universidades son las instituciones que más comúnmente participan en la vigilancia de rutas metabólicas o ambientales asociadas a materiales tan diversos como los medicamentos, los plaguicidas, los fertilizantes y los minerales. Normalmente la gama de radionucleidos útiles es limitada y el contenido de actividad de los compuestos marcados suele ser bajo. Sin embargo, algunos centros de investigaciones pueden usar radionucleidos bastante exóticos. Los radionucleidos más comúnmente empleados en los estudios de toxicología de muchos compuestos químicos y de sus rutas metabólicas asociadas son el carbono 14 y el tritio, dado que pueden incorporarse en moléculas complejas con notable uniformidad. El yodo 125 ha resultado ser muy útil para la marcación de proteínas. Se dispone de un amplio espectro de radionucleidos para la experimentación y la investigación.

Orientación y asistencia técnica del OIEA

En una nueva colección de documentos técnicos del OIEA sobre esferas de la gestión de desechos radiactivos, se han publicado (sólo en inglés) nueve documentos sobre los temas siguientes:

- *Minimación y segregación de desechos radiactivos*
- *Almacenamiento de desechos radiactivos*
- *Manipulación, acondicionamiento y evacuación de fuentes selladas gastadas*
- *Manipulación y tratamiento de desechos radiactivos acuosos*
- *Manipulación, tratamiento, acondicionamiento y almacenamiento de desechos radiactivos biológicos*
- *Tratamiento y acondicionamiento de desechos radiactivos sólidos*
- *Tratamiento y acondicionamiento de líquidos orgánicos radiactivos*
- *Tratamiento y acondicionamiento de resinas gastadas de intercambio iónico provenientes de reactores de investigación, lodos producidos por precipitaciones y otros concentrados radiactivos*
- *Diseño de una instalación de tratamiento y almacenamiento centralizados de desechos*

Clasificación de los Estados Miembros del OIEA por tipos y cantidades de desechos radiactivos

Para conocer mejor la situación general de los países, y determinar el tipo de paquete de asistencia que mejor conviene a sus necesidades, el OIEA ha agrupado a los países atendiendo a los tipos y las cantidades de desechos radiactivos que generan. Los primeros tres grupos son el centro de interés del presente artículo.

Grupo A: Países que destinan los radionucleidos a un solo propósito en hospitales y otras instituciones.

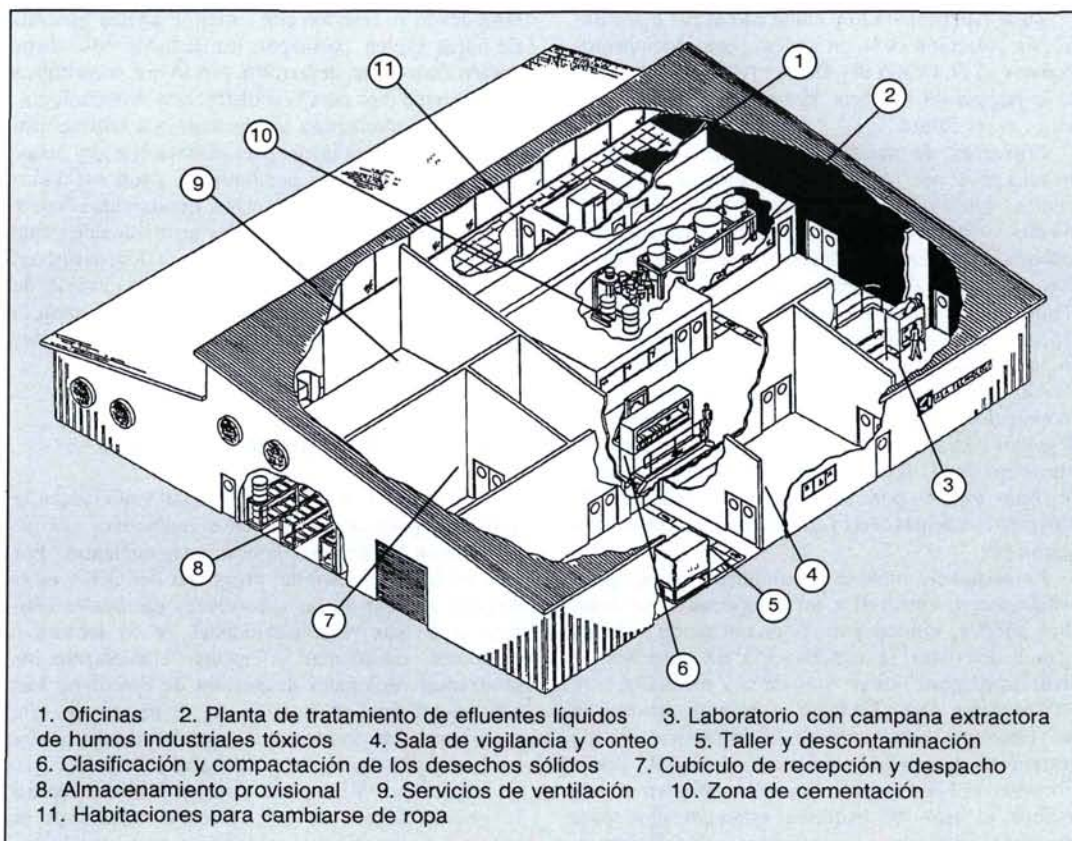
Grupo B: Países que destinan los radionucleidos a varios propósitos en hospitales y otras instituciones.

Grupo C: Países que usan ampliamente los radionucleidos y que cuentan con un centro (o más) de investigaciones nucleares capaz de producir nacionalmente varios radisótopos (en reactores de investigación o aceleradores de partículas).

Grupo D: Países que usan ampliamente radionucleidos y que tienen centrales nucleares planificadas o en explotación.

Grupo E: Países que poseen centrales nucleares y que realizan operaciones del ciclo del combustible.

Esquema del edificio de tratamiento de desechos de una WPSF



los procesos que se incluyeran en el diseño de referencia tenían que estar bien probados y establecidos, y permitir cambios en la alimentación de desechos. El equipo seleccionado tenía que ser sólido, de diseño sencillo y fácil de explotar y mantener. El diseño también tenía que incluir medios de protección radiológica adecuados para asegurar un funcionamiento seguro. (Véase en el esquema el tipo de instalación que se construiría con el diseño de referencia.)

Los tratamientos de desechos que se recomiendan en el diseño incluyen la precipitación de desechos líquidos, la compactación de desechos sólidos y la cementación de lodos. El diseño abarca todo el equipo y los servicios de apoyo necesarios para explotar con seguridad la planta de tratamiento. El almacén de desechos independiente consiste en un edificio grande y sencillo que no tiene más características que el alumbrado.

Ventajas de los paquetes de diseño de referencia. Estos paquetes ofrecen al OIEA y a sus Estados Miembros dos importantes ventajas. En primer lugar, el servicio promueve la disponibilidad de diseños de instalaciones que pueden modificarse de acuerdo con las necesidades nacionales. En segundo lugar, como los recursos para la prestación de asistencia técnica a los países en desarrollo son limitados, resulta muy conveniente formular una aplicación o un concepto que satisfaga las necesidades de varios países y que pueda usarse reiteradamente.

Además los paquetes apoyan los programas de asistencia técnica del OIEA en las esferas de la

manipulación, el tratamiento y el almacenamiento de desechos de actividad baja e intermedia. Los expertos que visiten los países en desarrollo podrán usarlos como base para proporcionar un enfoque técnico y económico eficaz de solución de los problemas. Apoyo técnico y capacitación

Apoyo Técnico y capacitación

Manuales técnicos. Durante más de tres decenios el OIEA ha venido publicando informes técnicos y documentos sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos. Estos documentos han puesto a disposición de los Estados Miembros material de referencia básico y estudios amplios sobre las tecnologías modernas.

Recientemente se empezó a publicar (sólo en inglés) una nueva colección de documentos técnicos con la finalidad de ayudar a los países que necesitan soluciones sencillas y de bajo costo para resolver los problemas de la gestión de desechos. Esta colección —titulada *Technical Manuals for the Management of Low- and Intermediate-Level Wastes Generated at Small Nuclear Research Centres and by Radioisotope Users in Medicine, Research and Industry*— se concibió para 1) proporcionar orientación sobre la optimización del uso viable de recursos autóctonos; 2) ofrecer procedimientos progresivos para la aplicación eficaz de la tecnología; y 3) formular recomendaciones sobre procedimientos tecnológicos que puedan integrarse en un programa general nacional de gestión de desechos.

Ya se han preparado y publicado nueve manuales de esta colección (sólo en inglés) como documentos técnicos (TECDOC) del OIEA. (*Véase el recuadro de la página 48.*) Cabría determinar e incluir otros temas en el futuro.

Proyectos de asistencia técnica. También se presta apoyo por medio de proyectos de asistencia técnica, los cuales permiten proporcionar conocimientos especializados, tecnología, capacitación individual y equipo para atender necesidades específicas de gestión de desechos. Su objetivo es brindar el apoyo necesario a la adquisición de conocimientos especializados que permitan alcanzar autosuficiencia en la gestión segura de los desechos radiactivos. Desde 1976 el OIEA ha apoyado 60 proyectos de cooperación técnica en materia de gestión de desechos radiactivos en 42 países. Actualmente, 36 países reciben diferentes tipos de asistencia técnica de esta índole por intermedio de más de 40 proyectos. Además, están en marcha cinco proyectos regionales.

La asistencia incluye el suministro de equipo e instalaciones, entre ellos un compactador de desechos sólidos, equipo para la precipitación química y unidades para la cementación de desechos, y diversos dispositivos de vigilancia y medición.

Proyectos tipo. También se está ejecutando un proyecto tipo para mejorar la infraestructura de gestión de desechos en países en desarrollo seleccionados. El proyecto comenzó recientemente e incluye el uso de paquetes estandarizados para mejorar los diferentes componentes de la infraestructura de gestión de desechos.

Capacitación. Numerosos científicos y técnicos han recibido capacitación por conducto de los proyectos de asistencia técnica del OIEA en países que han creado programas para la gestión de desechos. Además, durante los últimos cuatro años se han celebrado nueve cursos regionales de capacitación y tres interregionales que han contado con un total de 300 participantes procedentes de 60 países. Los ejercicios prácticos y las demostraciones técnicas de los cursos incluyeron sesiones sobre precipitación química de desechos líquidos; compactación de desechos sólidos; acondicionamiento de fuentes selladas gastadas; y descontaminación de superficies.

Reuniones internacionales. Las reuniones científicas son otro instrumento para el intercambio de conocimientos técnicos. En octubre de 1994, el OIEA organizó en Beijing, China, un seminario titulado Prácticas y cuestiones relacionadas con la gestión de desechos radiactivos en los países en desarrollo, que fue concebido específicamente para los países en desarrollo y se centró en las prácticas y tecnologías de gestión de desechos procedentes de operaciones no relacionadas con el ciclo del combustible nuclear. El OIEA también presta apoyo financiero a expertos seleccionados de los países en desarrollo, para que participen en conferencias y simposios internacionales auspiciados por organizaciones profesionales y comerciales.

Apoyo a las investigaciones. Aunque el OIEA no realiza por sí mismo investigaciones en la esfera de la gestión de desechos radiactivos, sus programas coordinados de investigación (PCI) las fomentan y

promueven en relación con temas de interés general. En ellas suelen participar los Estados Miembros desarrollados y en desarrollo, por lo que constituyen un excelente foro para la transferencia de tecnología.

En estos momentos, se ejecutan PCI sobre el uso de sorbentes inorgánicos para el tratamiento y acondicionamiento de desechos líquidos, y sobre tecnologías de tratamiento de desechos de actividad baja e intermedia generados en fuentes institucionales, que revisten particular importancia para los países en desarrollo. Los estudios incluyen la adaptación de tecnologías de tratamiento bien establecidas para la gestión de desechos específicos en los diferentes países y para otras condiciones locales.

Conciencia de las responsabilidades

El uso del átomo tiene que estar vinculado a la gestión segura de los desechos radiactivos que se generan en las diversas aplicaciones nucleares. Por eso, un aspecto clave del programa del OIEA es el dirigido a crear en las autoridades nacionales conciencia de sus responsabilidades en lo tocante a planificar, desarrollar y ejecutar eficazmente los programas nacionales de gestión de desechos. Las actividades que se realizan en el marco de este programa están ayudando a crear la infraestructura necesaria y a transferir tecnologías adecuadas.

Para que el OIEA pueda contribuir eficazmente a la gestión segura de los desechos radiactivos es preciso realizar una evaluación constante de las necesidades nacionales para asegurar que los recursos se asignen y las actividades se lleven a cabo de manera equilibrada, a fin de optimizar los beneficios y los resultados. Se trata de un proceso dinámico. En estos momentos se están elaborando nuevos proyectos tipo para mejorar la situación de la gestión de desechos en países seleccionados. Esos proyectos se ejecutarán y evaluarán para determinar si sus componentes ofrecen la combinación correcta de paquetes para la creación de infraestructuras y la transferencia de tecnologías, con el objetivo de que sean aplicables a las necesidades de un amplio número de países.

Expertos sin fronteras: Fomento de conocimientos especializados para la transferencia de tecnologías nucleares

Expertos nacionales e internacionales contratados por el OIEA comparten su experiencia para consolidar los conocimientos en los países en desarrollo

Al llegar al aeropuerto Kenyatta, el médico se disponía a emprender un relajante viaje de vuelta a Viena. Habían sido dos semanas de intenso trabajo en Kenya, ultimando los detalles de un proyecto del OIEA sobre radioterapia del cáncer en el Instituto de Medicina Nuclear de ese país. Sus contrapartes kenianos habían organizado un programa de trabajo minucioso, incluso se habían reunido por las noches y durante el fin de semana. El proyecto —encaminado a consolidar los conocimientos y prácticas relativos al tratamiento del cáncer en Kenya— se encontraba ahora en su segundo año y a punto de culminar. El médico había participado en el proyecto desde el inicio, en calidad de experto contratado para una misión temporal. El trabajo permanente que desempeñaba en su país, Alemania, era el de Director del Instituto de Medicina Nuclear de la Universidad de Heidelberg.

Ahora, mientras esperaba un vuelo demorado, sus pensamientos giraron hacia el informe que presentaría sobre la misión. Se sentía complacido por el progreso del proyecto y por el apoyo que había recibido. Las recomendaciones de su última misión habían sido bien acogidas en la sede del OIEA en Viena, incluido el apoyo financiero para una unidad de radioterapia de cobalto 60 que Kenya necesitaba urgentemente para tratar a los pacientes. Por ser él mismo radioterapeuta, conocía bien ese campo, los problemas y los peligros ocultos, así como los beneficios y las recompensas. Esta era su quinta misión como experto en un proyecto específico del programa de cooperación técnica del OIEA. No todas las misiones se habían desarrollado tan bien como ésta pero, por otra parte, nunca se había dicho que la tarea sería fácil...

Esta breve descripción de la misión de un experto es una instantánea de la vida cotidiana de los cientos de expertos que todos los años contrata el OIEA. Durante el último decenio, el OIEA ha planeado y llevado a cabo cerca de 18 000 misiones de expertos dentro del marco de su programa de cooperación técnica. El programa sirve de plataforma para la transferencia de tecnología nuclear al mundo en

desarrollo, brindando asistencia a los países para que alcancen autosuficiencia en las numerosas aplicaciones de la ciencia y la tecnología nucleares.

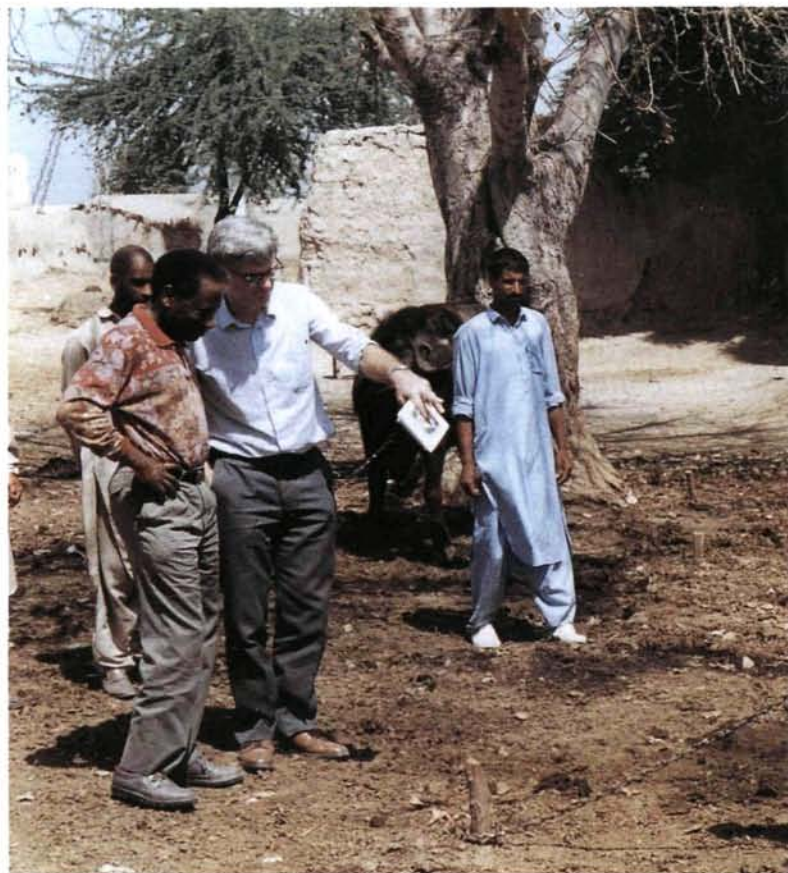
Como se muestra en la instantánea, la transferencia de tecnología nuclear no está limitada a la generación de energía en centrales nucleares. El programa de cooperación técnica del OIEA se centra en la aplicación segura de radisótopos y tecnologías de irradiación en la alimentación y la agricultura, en la sanidad humana, en la hidrología y la industria y en muchas otras esferas. Esas tecnologías se utilizan, por ejemplo, para mejorar cultivos alimentarios, erradicar plagas, determinar recursos de aguas subterráneas, esterilizar suministros médicos, verificar estructuras de aviones, vigilar la contaminación del medio ambiente... y tratar a los enfermos.

Existe la necesidad creciente de transferir esas tecnologías establecidas, aún concentradas en algunos países, a otros donde escasean tales recursos. Los principales vehículos para la transferencia de tecnología al mundo en desarrollo son los proyectos de cooperación técnica. En estos momentos hay más de 1000 de esos proyectos en ejecución en el marco del OIEA, y todos incorporan el desarrollo de los recursos humanos como elemento esencial para ayudar a los países a alcanzar la autosuficiencia científica y tecnológica. Los portadores de las tecnologías nucleares son científicos e ingenieros que están dispuestos a compartir sus conocimientos especializados con los colegas de los países en desarrollo. Sus misiones los hacen cruzar las fronteras nacionales y los convierten así en verdaderos "expertos sin fronteras".

Los expertos trabajan dentro del marco institucional del desarrollo de la energía nuclear con fines pacíficos. En la práctica, eso significa que se brinda especial atención a los aspectos de seguridad y de salvaguardias. La utilización de la tecnología nuclear con fines pacíficos se supervisa en todo el mundo mediante acuerdos internacionales, como el Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares (TNP), y directrices y reglamentaciones internacionales sobre las normas básicas de seguridad en materia de protección radiológica. Esto ha propiciado una estrecha interacción entre los donantes de la tecnología, los expertos, los contribuyentes al financiamiento, los países receptores y el OIEA.

por Robert
Lauerbach y
Alicia Reynaud

La Sra. Reynaud y el Sr. Lauerbach son funcionarios de la Sección de Expertos de la División de Ejecución de la Cooperación Técnica del OIEA.



Cerca de la frontera entre el Pakistán y la India, un experto que presta servicios de inspección de sanidad animal para un proyecto conjunto OIEA/FAO conversa con propietarios de ganado de la localidad.

(Cortesía: Feldman, OIEA)

Este artículo trata sobre el papel que desempeñan los expertos en el contexto de los programas de cooperación técnica del OIEA. También se examina el suministro de servicios de expertos, incluidos los tipos de misiones y el proceso de contratación. Los servicios de expertos se han convertido en uno de los pilares de la cooperación técnica del OIEA, junto con el suministro de equipo, el otorgamiento de becas y la organización de cursos de capacitación y cursos prácticos.

Prestación de servicios de expertos

Desde 1958 el OIEA viene brindando servicios de transferencia de tecnología mediante misiones de expertos. Por lo regular, los expertos trabajan en proyectos de su especialidad en calidad de asesores, conferenciantes o participantes en cursos prácticos. El experto, a quien se contrata sólo por un período limitado y está dispuesto a viajar a otros países y continentes, es alguien fuera de lo común. El o ella domina el conocimiento de una tecnología avanzada y tiene capacidad para compartirlo de manera eficaz con otras personas.

La ciencia y la tecnología nucleares aplicadas abarcan una amplia gama de temas y requieren muchas especializaciones diferentes. (Véanse los gráficos.) Hay cinco esferas que se destacan. Las aplicaciones de isótopos y tecnologías de irradiación en la alimentación y la agricultura han sido durante

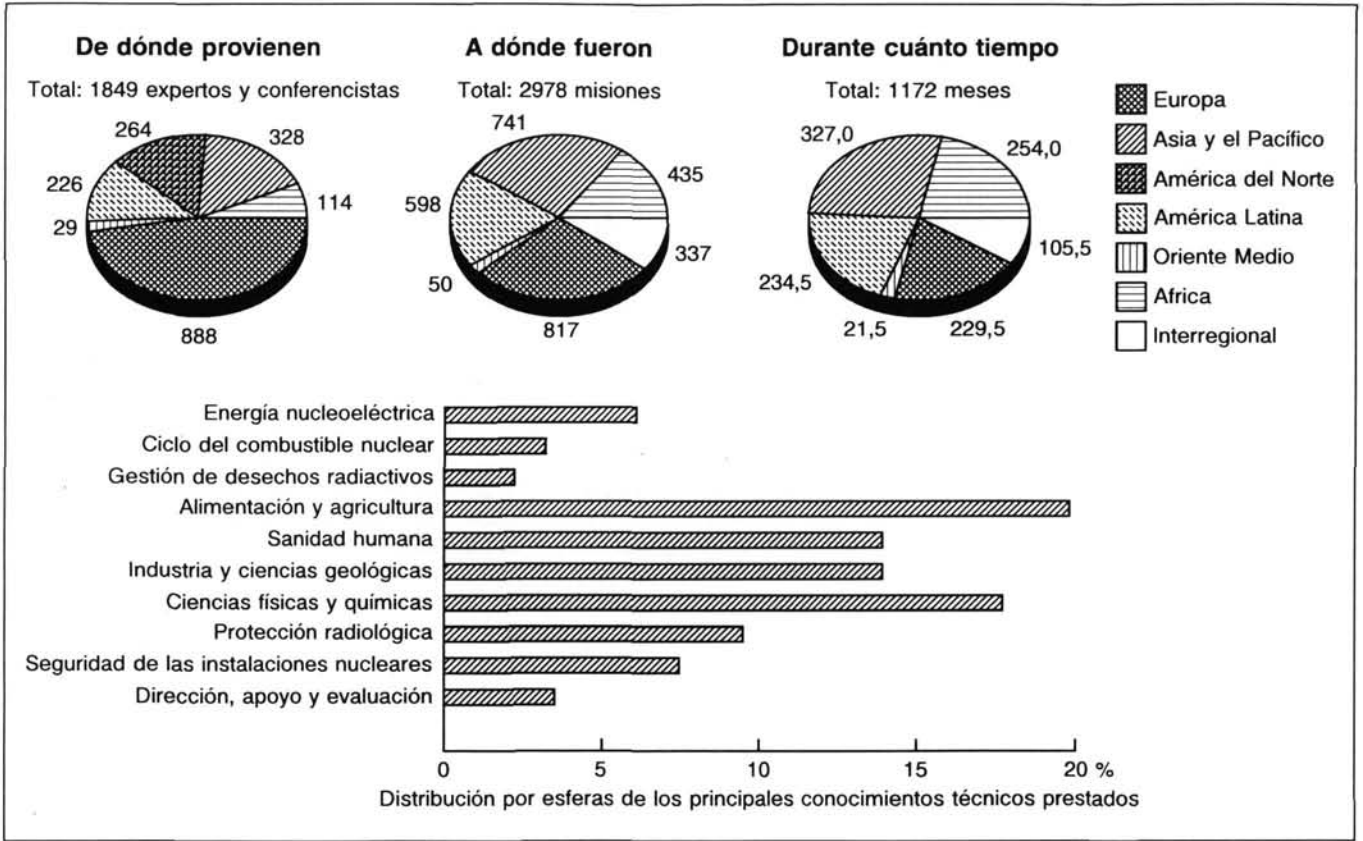
muchos años la actividad más importante de los expertos. Le siguen las aplicaciones en ciencias físicas y químicas; las actividades de sanidad humana, incluida la producción de radiofármacos; las ciencias geológicas, que abarcan actividades como el aprovechamiento de los recursos hídricos; y el desarrollo industrial, con acento en las técnicas experimentales no destructivas. Para todas esas aplicaciones y tecnologías, las actividades relacionadas con la seguridad en la esfera de la protección radiológica absorben una parte apreciable de los servicios de expertos. Esas actividades son un requisito previo para la transferencia de tecnología que ayuda a asegurar la existencia o la creación de infraestructura adecuada en los países receptores.

¿Quiénes son los expertos y de dónde vienen? El experto típico del OIEA es un hombre de 35 a 60 años de edad que ha acumulado por lo menos 10 años de experiencia especializada en la aplicación de isótopos y radiaciones tras concluir estudios post-universitarios en ciencias o ingeniería. Conoce a fondo las normas y procedimientos de protección radiológica dentro de su especialidad. Usualmente su carrera se relaciona con el desarrollo nacional o internacional y es miembro de sociedades profesionales. Domina por lo menos uno o dos de los idiomas de las Naciones Unidas y por último, pero no por ello menos importante, es alguien a quien le interesa y entusiasma compartir su experiencia con otras personas del mundo en desarrollo.

¿Y las mujeres? La experiencia demuestra que fácilmente se pueden equiparar con sus colegas masculinos. No obstante, son pocas las mujeres que solicitan cargos de expertos. Sólo el 6% de la lista de expertos del OIEA —una lista computarizada de candidatos que comprende más de 5000 nombres— son mujeres. Uno de los objetivos del programa de cooperación técnica del OIEA es aumentar la participación de la mujer. Esto depende en gran medida de la promoción de la mujer a nivel nacional y del estímulo que las autoridades nacionales brinden a las mujeres para que soliciten cargos internacionales.

El OIEA establece una distinción entre dos tipos principales de expertos que financia su programa de cooperación técnica: los que trabajan en proyectos ajenos a su propio país (expertos internacionales) y los que trabajan para proyectos de su país (expertos nacionales). Según la amplitud del proyecto y el trabajo que se requiera, la misma persona puede servir como experto nacional o internacional. En los últimos años el componente de expertos nacionales ha aumentado de manera sostenida. En 1993 alcanzó un nivel del 25% de todas las misiones, y está desempeñando un papel cada vez más importante en la transferencia de tecnología.

Los expertos provienen de todas partes del mundo. Sólo en 1993, el OIEA contrató expertos de más de 100 países y prácticamente todos los Estados Miembros contribuyeron al intercambio de servicios de expertos. Durante ese año, el número de expertos contratados y enviados en misiones alcanzó un nivel máximo de cerca de 1900. Si bien casi todas las misiones de expertos son realizadas por personas que no figuran en la nómina del OIEA, alrededor del 20% están a cargo de funcionarios del Organismo.



Normalmente, el personal externo obtiene un permiso de ausencia de sus empleadores para trabajar durante determinado plazo en un proyecto de cooperación técnica del OIEA.

Aproximadamente dos de cada tres expertos provienen de países industrializados. El OIEA estimula a los expertos de los países en desarrollo para que desempeñen un mayor papel en el suministro de conocimientos especializados a otros países en desarrollo, preferiblemente dentro de la misma zona geográfica. Esto se aplica en especial a las regiones del Oriente Medio y de Africa, que todavía no aportan un número elevado de servicios de expertos. Por otra parte, Europa, como región, presta casi la mitad de todos los servicios de expertos. A nivel de país, los principales suministradores son los Estados Unidos y el Reino Unido, seguidos de Alemania y el Canadá. Entre los países en desarrollo, la India, la Argentina, el Brasil y Hungría ocupan los primeros lugares por el número de expertos que aportan. (Véanse los gráficos.)

¿A dónde van los expertos y por cuánto tiempo se les designa? La mayoría de los proyectos de cooperación técnica del OIEA incluyen lo que se conoce como "componente expertos" en su plan de ejecución. Actualmente se realizan misiones de expertos en unos 80 países de todo el mundo. Es probable que aumente el ámbito geográfico a medida que se asignen expertos a nuevos Estados Miembros del OIEA, en particular a los países que han surgido de la antigua Unión Soviética. Hoy día el número mayor de expertos se contrata para misiones en Europa,

seguida por la región de Asia y el Pacífico y a continuación América Latina. La contratación para misiones en el Oriente Medio y en Africa es menor de lo que cabría esperar.

Durante el pasado decenio, la duración media de la misión de expertos disminuyó de un mes a dos semanas. Al mismo tiempo, el número de misiones se ha duplicado con creces. Esto refleja la creciente autosuficiencia de los países en desarrollo, que permite programar misiones más especializadas y breves. También refleja una mayor cooperación internacional, incluidos más cursos prácticos, cursos de capacitación y reuniones de coordinación durante la ejecución de los proyectos de cooperación técnica.

El proceso de contratación de expertos

La contratación de expertos y su envío al terreno en el marco del programa de cooperación técnica del OIEA es una tarea compleja que entraña numerosas gestiones administrativas en que participan múltiples asociados. Entre esos asociados figuran el OIEA, los países donante y receptor, y con frecuencia otros organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Mundial de la Salud (OMS), y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Para contratar y enviar al terreno el experto adecuado en el momento oportuno se requiere una estrecha interacción entre los gobiernos, las fuentes de contratación, las contra-

Misiones de expertos del OIEA en 1993

partes del proyecto, las oficinas del PNUD y, lo que es más importante, el experto.

El mandato de una misión de expertos se resume en una descripción del empleo que sirve de base para la contratación. Al recibir la descripción del empleo del funcionario responsable del proyecto, la Sección de Expertos del OIEA hace propuestas a los candidatos adecuados, ateniéndose a los diversos procedimientos que solicitan los gobiernos remitentes y destinatarios, y sobre la base del carácter de la misión. Las fuentes que participan en la localización de los expertos que han de cumplir misiones en proyectos de cooperación técnica pueden diferir de un caso a otro. Los principales contribuyentes son el propio país destinatario que tiene en mente a determinados expertos; el funcionario técnico del OIEA responsable de un proyecto concreto, quien sugiere expertos o instituciones donde se pueden localizar expertos; y la propia lista de la Sección de Expertos, que consiste en una relación computadorizada de los nombres de más de 5000 expertos y su especialidad.

En el caso de un candidato que nunca ha trabajado en un proyecto del OIEA, el currículum de él o ella se envía al funcionario técnico pertinente con miras a su evaluación y clasificación para la lista de expertos. Los nombres de los candidatos adecuados se comunican entonces a los países destinatarios para su aprobación, de acuerdo con los procedimientos del gobierno y del PNUD. Por lo general, la Sección de Expertos informa en esta fase al gobierno destinatario las fechas en que el experto estaría disponible para llevar a cabo la misión propuesta.

Sujeto a la aprobación oficial de las autoridades gubernamentales interesadas, o después de recibir dicha aprobación, según el tiempo disponible para completar los trámites de contratación, la Sección de Expertos hace una oferta al experto, la cual podría incluir una modesta remuneración por los servicios que prestará, así como dieta y gastos de viaje. En esta fase el experto recibe la información pertinente acerca del visado y los requisitos médicos, así como instrucciones para la preparación y presentación de informes.

Tan pronto se reciben las aprobaciones adecuadas y el experto acepta la oferta, se prepara un contrato entre el experto o su empleador permanente, o la organización que patrocina, y el OIEA. Existen varios tipos de contratos, según la función que realizará el experto y el lugar de destino. La duración media de un contrato es de dos semanas; pocos contratos pasan de un mes. Para proyectos más dilatados podría ofrecerse a algunos expertos contratos por un año con posibilidades de extensión.

La Sección de Expertos concluye la parte principal de su trabajo cuando informa a la oficina local del PNUD y a las contrapartes sobre el viaje del experto y el itinerario. Ahora depende del experto y de la organización contraparte que la misión sea un éxito. Debido a la corta duración del contrato, el trabajo suele comenzar de inmediato. Normalmente la comunicación directa entre el experto y las contrapartes nacionales aclara los objetivos y el plan de trabajo antes de que comience el viaje, tras lo cual ambas partes pueden concentrarse en el trabajo inmediato tan pronto llega el experto. Con frecuencia la misión de expertos sólo puede abarcar un

pequeño aspecto del proyecto de cooperación técnica. Para los proyectos más amplios, que a la larga podrían incidir más en el desarrollo nacional, se suele recurrir a misiones de equipo y de seguimiento.

Al concluir la misión, el experto envía al OIEA un informe pormenorizado. Este informe ayuda a evaluar los progresos del proyecto, señala los problemas y recomienda las medidas que deben considerarse.

Orientaciones futuras

El programa de cooperación técnica del OIEA se esfuerza incesantemente en fortalecer su función de catalizador y de vehículo innovador en la prestación de asistencia técnica, y en aumentar su sensibilidad ante la evolución de las necesidades del mundo en desarrollo. Durante los dos últimos años se ha centrado en un examen de la política con miras a afirmar la transferencia de tecnología nuclear a nivel nacional. Gracias al trabajo realizado, en muchos países se han creado infraestructuras de base que ahora pueden sustentar el desarrollo nacional. En ese contexto, el desarrollo y fortalecimiento ulteriores de las leyes y procedimientos en materia de protección radiológica desempeñarán una importante función. Además, se han iniciado proyectos modelo más orientados hacia los planes de desarrollo nacional y a las necesidades prácticas de los usuarios finales.

Mediante esas y otras vías de cooperación técnica efectiva, "los expertos sin fronteras" continuarán desempeñando un papel fundamental. Seguirán siendo un componente indispensable para la transferencia de la ciencia y la tecnología nucleares hacia los países en desarrollo.

Becas de ciencia y tecnología nucleares: Aplicación del conocimiento

Todos los años, cerca de 1200 científicos, ingenieros y especialistas reciben capacitación mediante becas y visitas científicas que apoya el OIEA

En los tres últimos decenios, los esfuerzos combinados y coordinados de muchas personas en decenas de países han permitido la selección, colocación y capacitación de más de 16 000 ingenieros, científicos, especialistas y técnicos en el marco del programa del OIEA de becas y visitantes científicos.

Las cifras por sí solas cuentan sólo una parte de la historia. Hoy día, muchos de los "ex alumnos" de este programa de capacitación cooperativo dirigen, en sus países de origen, instituciones y organismos donde las tecnologías nucleares se utilizan en aplicaciones pacíficas. Otros ocupan altos cargos en organizaciones internacionales, incluido el OIEA.

Desde su inicio en 1958, el programa ha atravesado diversas etapas evolutivas. En la actualidad la capacitación se orienta resueltamente hacia el aprendizaje práctico relacionado con el uso de las técnicas nucleares y no hacia los estudios teóricos. La capacitación individual de los becarios, por ejemplo, está concebida para proporcionar la comprensión cabal de una tecnología específica, mientras la capacitación de los visitantes científicos refleja el interés cada vez mayor en la aplicación y comercialización de tecnologías nucleares aplicadas. El programa abarca materias tales como ciencias físicas y químicas, el empleo de radisótopos en biología marina y aplicaciones industriales, energía nucleoelectrónica y seguridad nuclear, protección radiológica, agricultura y salud.

Durante el último cuarto de siglo los países donantes han financiado, a un costo total de más de 120 millones de dólares, la capacitación de becarios y visitantes científicos de más de 95 Estados Miembros del OIEA.

En el presente artículo se examina el programa desde el punto de vista de su desarrollo histórico, el marco de cooperación entre los países proponentes de becarios y de acogida, los criterios de selección y los planes y expectativas para los próximos años.

El Sr. Colton es Jefe de la Sección de Becas y Capacitación del Departamento de Cooperación Técnica del OIEA. En la edición de 1994 del *IAEA Yearbook*, a la venta en la División de Publicaciones del OIEA, aparece un informe más amplio sobre el programa.

Desarrollo y tendencias históricas

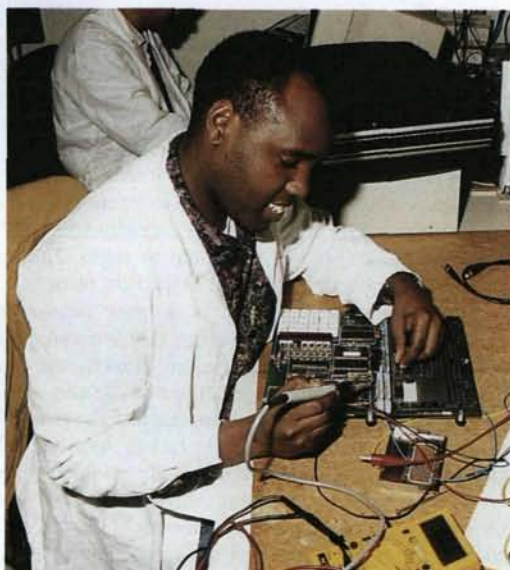
A lo largo de los años, los conocimientos adquiridos por los pasantes del OIEA han fomentado la transferencia de los aspectos científicos y teóricos de las tecnologías nucleares. Y lo que también es importante, esas personas han prestado apoyo administrativo y de dirección a sus institutos y organizaciones de origen. Entrevistas realizadas a cientos de becarios y visitantes científicos confirman que una de las principales ventajas de la capacitación es el aspecto práctico, o sea, ver cómo se logra algo, y aplicar ese conocimiento en beneficio de otros.

No es necesario ir muy lejos para encontrar gerentes que recibieron apoyo del OIEA durante su época de educación y capacitación. Muchos son los pasantes que han llegado a ser dirigentes de alto nivel en el plano nacional e internacional. Dentro del propio departamento de cooperación técnica del OIEA, por ejemplo, un porcentaje elevado de directores y jefes de sección son antiguos becarios del OIEA. Otros departamentos técnicos del Organismo cuentan de igual forma con altos funcionarios que recibieron capacitación técnica con la asistencia del OIEA. Por otra parte, muchos jefes de organismos e institutos nacionales de energía atómica se han beneficiado del programa de capacitación del OIEA durante sus carreras. También es interesante señalar que varios miembros de la Junta de Gobernadores del OIEA y sus funcionarios principales figuran entre los graduados distinguidos del programa de becas y visitantes científicos.

El programa ha atravesado diversas etapas de desarrollo. A finales del decenio de 1950 y principios del de 1960, los países se interesaban fundamentalmente en que determinados científicos recibieran capacitación académica. Se prestaba asistencia a los países que estaban creando una base teórica amplia en todos los campos científicos, pero concentrándose primordialmente en las aplicaciones de la energía nucleoelectrónica y en el ciclo del combustible.

Durante los tres decenios transcurridos han madurado las necesidades y expectativas nacionales, de ahí que el actual programa de capacitación se centre fundamentalmente en las tecnologías aplicadas. Ello se corresponde con las políticas generales

por John P.
Colton



Vistas de becarios y visitantes científicos que reciben capacitación con el apoyo del OIEA.

La capacitación comprende diversas aplicaciones nucleares en las esferas siguientes: generación de electricidad, alimentación y agricultura, salud y medicina e industria y ciencias de la Tierra.



**NORTEAMERICA Y AMERICA LATINA:
1043/1396**

Norteamérica: 0/898

Canadá: 0/277

Estados Unidos de América: 0/621

América Latina: 1043/498

Argentina: 115/116

Bolivia: 23/0

Brasil: 137/116

Colombia: 57/10

Costa Rica: 31/10

Cuba: 120/39

Chile: 86/45

Ecuador: 82/5

El Salvador: 17/2

Guatemala: 57/23

Haití: 1/0

Honduras: 0/1

Jamaica: 4/0

México: 101/94

Nicaragua: 15/0

Panamá: 20/1

Paraguay: 17/0

Perú: 62/1

República Dominicana: 22/0

Uruguay: 31/23

Venezuela: 45/12

**ASIA Y EL PACIFICO:
1701/683**

Australia: 0/134

Bangladesh: 131/4

Corea, Rep. de: 116/23

China: 329/59

Filipinas: 86/7

India: 3/162

Indonesia: 186/31

Japón: 0/106

Malasia: 130/44

Mongolia: 82/0

Myanmar: 35/1

Nueva Zelanda: 0/5

Pakistán: 149/39

Reino Unido (Hong Kong): 6/4

República Popular

Democrática de Corea: 30/0

Singapur: 11/0

Sri Lanka: 49/1

Tailandia: 167/62

Viet Nam: 191/1

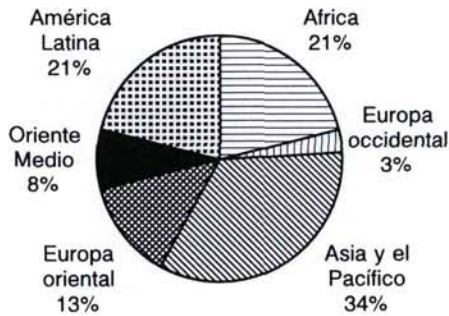
**Panorama regional 1989-1993
Becas y visitantes científicos del OIEA**

En los cuadros que aparecen en esta página y en la anterior se brinda un panorama regional de los países de origen y los lugares donde han recibido capacitación los becarios y visitantes científicos con apoyo del OIEA. El número de becas y visitas científicas colocadas de cada país (es decir, los lugares de procedencia de los becarios y visitantes científicos) aparece en negritas. El número de becarios y visitas científicas que ha acogido cada país o institución (es decir, donde se proporcionó la capacitación) aparece en tipo normal.

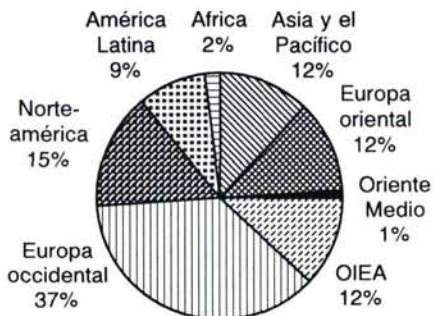
En total, durante el período 1989-1993 los países solicitaron 4905 becas y visitas científicas. Durante el mismo período, los países asumieron la capacitación de 5835 becarios y visitantes científicos. (Los números no coinciden por diversas razones, tales como el hecho de que los visitantes científicos pueden realizar un promedio de dos a tres visitas en diferentes países.)

En los gráficos que aparecen abajo se muestra la participación por regiones. Salta a la vista que países en desarrollo de varias regiones están acogiendo un número elevado de sesiones de capacitación.

**Provinieron de:
(porcentaje por región)**



**Estudiaron en:
(porcentaje por región)**



EUROPA OCCIDENTAL: 138/2940

<i>Alemania:</i> 0/460	<i>Mónaco:</i> 0/7
<i>Austria:</i> 0/126	<i>Noruega:</i> 0/18
<i>Bélgica:</i> 0/106	<i>Países Bajos:</i> 0/113
<i>Dinamarca:</i> 0/57	<i>Portugal:</i> 24/9
<i>España:</i> 1/120	<i>Reino Unido:</i> 0/516
<i>Finlandia:</i> 0/53	<i>Suecia:</i> 0/93
<i>Francia:</i> 0/343	<i>Suiza:</i> 0/25
<i>Grecia:</i> 29/23	<i>Turquía:</i> 82/7
<i>Irlanda:</i> 0/4	<i>Centro Europeo de</i>
<i>Italia:</i> 0/117	<i>Investigaciones Nucleares:</i> 0/36
	<i>OIEA:</i> 0/703

EUROPA ORIENTAL: 638/690

<i>Antigua República Yugoslava</i>	<i>Eslovenia:</i> 3/7
<i>de Macedonia:</i> 1/0	<i>Federación de Rusia:</i> 0/52
<i>Albania:</i> 56/0	<i>Hungría:</i> 79/257
<i>Alemania (antigua RDA):</i> 0/20	<i>Polonia:</i> 101/140
<i>Belarús:</i> 4/0	<i>República Checa:</i> 10/0
<i>Bulgaria:</i> 150/15	<i>República Eslovaca:</i> 7/0
<i>Croacia:</i> 3/0	<i>Rumania:</i> 127/4
<i>Checoslovaquia (antigua):</i> 51/59	<i>Ucrania:</i> 12/7
<i>Chipre:</i> 10/0	<i>URSS (antigua):</i> 0/90
	<i>Yugoslavia (antigua):</i> 24/39

AFRICA: 1012/93

<i>Argelia:</i> 67/6	<i>Níger:</i> 23/1
<i>Burkina Faso:</i> 0/7	<i>Nigeria:</i> 134/2
<i>Camerún:</i> 26/0	<i>Senegal:</i> 17/1
<i>Côte d'Ivoire:</i> 18/2	<i>Sierra Leona:</i> 16/0
<i>Egipto:</i> 158/47	<i>Sudáfrica:</i> 0/5
<i>Etiopía:</i> 44/0	<i>Sudán:</i> 72/1
<i>Ghana:</i> 67/5	<i>Tanzanía:</i> 54/2
<i>Kenya:</i> 49/8	<i>Túnez:</i> 34/2
<i>Madagascar:</i> 21/0	<i>Uganda:</i> 24/0
<i>Mali:</i> 26/0	<i>Zaire:</i> 24/0
<i>Marruecos:</i> 79/4	<i>Zambia:</i> 39/0
<i>Mauricio:</i> 7/0	<i>Zimbabwe:</i> 11/0
<i>Namibia:</i> 2/0	

ORIENTE MEDIO: 373/33

<i>Afganistán:</i> 8/0	<i>Jamahiriyá Árabe Libia:</i> 83/0
<i>Arabia Saudita:</i> 15/1	<i>Jordania:</i> 45/1
<i>Emiratos Árabes Unidos:</i> 1/0	<i>Kuwait:</i> 0/2
<i>Irán:</i> 124/2	<i>Líbano:</i> 1/0
<i>Iraq:</i> 19/0	<i>Siria:</i> 76/7
<i>Israel:</i> 0/20	<i>Yemen:</i> 1/0

del OIEA, que exigen que sus programas estén estrechamente vinculados con las metas y objetivos nacionales. Así, en lugar de importar conocimientos técnicos generales en materia nuclear, como ocurría con anterioridad, lo que interesa ahora a los países es cultivar localmente los suyos propios.

De igual forma, se han modificado notablemente los medios y procedimientos para impartir la capacitación. Los modelos de solicitud no eran más que un formulario de expediente personal donde se expresaba el tipo de capacitación solicitada. La mayoría de los aspirantes habían sido aceptados por los institutos de acogida incluso antes de solicitar la asistencia del OIEA. Sus propios organismos nucleares nacionales desempeñaban un pequeño papel, por no decir ninguno, en todo el proceso de candidatura y colocación. Un pequeño grupo integrado por funcionarios del OIEA examinaba las solicitudes y concedía las becas basándose fundamentalmente en los títulos y aptitudes personales de cada aspirante. En ocasiones el OIEA colaboraba con los países de acogida, pero en la mayoría de los casos los becarios se valían por sí mismos cuando llegaba el momento, por ejemplo, de obtener visados, realizar trámites de viaje o mantener correspondencia con los institutos de acogida. Como carecían de respaldo o apoyo institucional, muchas veces los aspirantes no contaban con un puesto de trabajo al que retornar y se veían obligados a buscar empleo al regresar a sus países de origen.

El hecho de que ahora se conceda mayor importancia al desarrollo local de conocimientos especializados ha ayudado a cambiar este cuadro. En la actualidad, los organismos nacionales participan de forma activa en el proceso de candidatura, determinan las prioridades de la capacitación y garantizan un apoyo pleno mediante el cobro ininterrumpido del sueldo y el derecho de reempleo. Los países de acogida responden con mayor prontitud a las propuestas de capacitación, prestan ayuda con las solicitudes de visado, califican y supervisan a los institutos de acogida para determinar la idoneidad y calidad de la capacitación y coordinan la mayor parte del apoyo administrativo. El OIEA, por su parte, ha creado procedimientos nuevos de examen, evaluación, selección, colocación y apoyo de la capacitación. Esos procedimientos y mecanismos de apoyo modificados ayudan al OIEA a alcanzar sus objetivos de satisfacer las necesidades del país solicitante de manera oportuna, con eficacia en función del costo y con calidad.

Procesos de cooperación técnica del OIEA. La colocación de becas y visitantes científicos forma parte del proceso global del OIEA de prestación de asistencia técnica a los países en desarrollo. El Organismo responde a las solicitudes nacionales de asistencia en capacitación con arreglo a un ciclo bienal. Los organismos gubernamentales presentan las solicitudes en forma de proyectos de cooperación técnica. El examen y la evaluación del documento corre a cargo de la División de Programas de Cooperación Técnica en consulta con oficiales técnicos (especialistas en la tecnología) y la División de Ejecución de la Cooperación Técnica (especialistas en adquisición de equipo, colocación de becarios y visitantes científicos y contratación de expertos). Los proyectos recomendados se presentan a la Junta de

Gobernadores para su aprobación luego de haber sido examinados por el Comité de Asistencia y Cooperación Técnicas de la Junta. Tan pronto éste aprueba el programa del ciclo bienal, la Junta autoriza la financiación del proyecto sobre una base anual (es decir, el programa para 1993-1994 tiene fondos que se aprueban en diciembre de 1993 para 1994). Por lo general, el proyecto consiste en solicitudes de servicios de expertos, adquisición de equipo, becas y visitantes científicos y cursos de capacitación.

Para el ciclo de programa 1995-1996 se presentaron aproximadamente 1000 solicitudes de proyectos nuevos y cabe esperar la aprobación de alrededor de la mitad. Normalmente el componente de becas y visitas científicas representa alrededor del 20% al 25% del total de los recursos asignados al proyecto. Para 1994, el presupuesto de este componente ascendió a más de 18 millones de dólares de los EE UU, incluidos unos 8 millones de dólares arrastrados de años anteriores. Habitualmente se dispone de más fondos debido al carácter sostenido de la capacitación por becas y a la posibilidad de arrastrar fondos.

Becas y visitantes científicos: Selección y capacitación

El apoyo brindado mediante el programa de cooperación técnica en capacitación del OIEA ha desempeñado un papel decisivo en la promoción de las aplicaciones pacíficas del átomo. Por regla general, la capacitación consiste en asistir a instituciones académicas, participar en grupos de investigación, recibir capacitación en el empleo en una tecnología específica, realizar visitas breves a instalaciones de investigación, o una combinación de estas actividades. Es por ello que los países de acogida y sus institutos son parte integrante del proceso de transferencia de tecnología.

En los primeros años del OIEA la colocación de becarios y científicos se llevaba a cabo con relativa facilidad, ya que casi todas las solicitudes eran para estudios universitarios superiores. Sin embargo, la evolución de las instituciones de investigación e industriales de los países en desarrollo ha hecho que la atención se incline hacia la capacitación práctica más especializada. Ese interés en la tecnología aplicada rara vez se corresponde con los cursos universitarios existentes, de ahí que sea preciso concertar arreglos especiales con las instituciones de acogida. Si bien esto ha hecho que la colocación sea más difícil y requiera más tiempo, el resultado es que la capacitación adquiere más valor en cuanto a transferencia de tecnología.

Criterios de selección. Los solicitantes de becas del programa del OIEA deben estar debidamente calificados y motivados. Además, el Organismo evalúa las solicitudes para velar por que los objetivos de la capacitación se identifiquen claramente; se explique el tipo de capacitación solicitada y se indiquen los institutos de acogida propuestos; se expresen los compromisos de apoyo nacionales; y tanto el aspirante como el organismo nacional aseguren que los beneficios de la capacitación se aplicarán

en el país solicitante. Otro factor es la presentación de un certificado de idiomas. La experiencia ha demostrado que en aproximadamente la tercera parte de los casos el idioma constituye la limitación principal para lograr una capacitación satisfactoria. La aptitud lingüística es tan importante que muchos países han establecido sus propios niveles mínimos de idioma que los aspirantes a la capacitación deben satisfacer para ser aceptados.

Durante el proceso de examen, selección y colocación, cerca del 40% de los aspirantes son rechazados o se retiran del proceso. Por regla general ello obedece a que no se han cumplido los requisitos, la condición del solicitante ha cambiado o no se ha hallado un país de acogida adecuado. Entre las principales razones concretas figuran la falta de experiencia profesional o de dominio de idiomas; la disponibilidad de una capacitación similar en el país de origen; solicitudes que no guarden relación con un programa de cooperación técnica; y solicitudes que no caen dentro de la esfera de responsabilidad del Organismo.

No sorprende, pues, que dado el adelanto en las telecomunicaciones, la comunicación haya cobrado una importancia creciente en el proceso de selección. Este hecho realza el papel del país proponente puesto que debe seguir la situación de sus aspirantes para mantener al OIEA debida y oportunamente informado, y para evitar derroche de tiempo y recursos. En años anteriores, por ejemplo, se han dedicado grandes esfuerzos a la colocación de algunos aspirantes para después descubrir que ya no estaban en disposición de recibir capacitación, que habían aceptado otras oportunidades o que habían cambiado de puesto de trabajo.

Tan pronto se concede la beca, se notifica a los organismos solicitantes y al becario, y también cuando la institución de acogida indica que está en condiciones de brindar la capacitación solicitada. El OIEA envía entonces al aspirante una carta de nombramiento en la que le proporciona información sobre, por ejemplo, el programa de estudio propuesto y otros detalles relativos al estipendio, los subsidios y la cobertura del seguro. Asimismo, se le orienta acerca de los trámites de viaje y visado y los preparativos para su estancia en el país de acogida.

Se ha reducido notablemente el tiempo que transcurre entre la recepción por el OIEA de una candidatura y la oferta de colocación. El plazo medio entre la recepción de la solicitud y la concesión, con sujeción a la colocación satisfactoria de la beca, ha descendido a dos o tres meses de los ocho que demoraba en 1990. Las negociaciones con los países de acogida para la colocación promedian cuatro meses, es decir, menos de los seis que tomaban en 1990. Por lo tanto, el tiempo medio entre la recepción de la solicitud y el comienzo de la capacitación es de aproximadamente 10 meses, un nivel muy inferior al promedio de 18 meses de 1990.

Países en desarrollo como países de acogida. Cada vez son más los países en desarrollo que ofrecen becas de capacitación y visitas científicas. Algunos de ellos han establecido la base tecnológica necesaria para ofrecer una capacitación de calidad. A menudo, el costo de la capacitación puede ser menor. Además, las condiciones de capacitación en

los países en desarrollo suelen ser más representativas de las existentes en los institutos del lugar de origen del pasante.

Planes y expectativas futuras

Se espera que en el año 2000 unos 100 Estados Miembros del OIEA soliciten asistencia técnica, incluidas becas y visitas científicas. En 1958, a raíz del surgimiento del OIEA, sólo 11 países recibieron asistencia técnica. Hoy día la reciben 85 países.

Dado el aumento de solicitudes previsto, el número de becarios y visitantes científicos del OIEA que se capacitan anualmente debe elevarse a entre 1400 y 1600 a finales del presente decenio. De mantenerse tales proyecciones, el número de becarios y científicos capacitados por el OIEA aumentará a más de 25 000 en el año 2000. El tipo de capacitación que se ofrece seguirá siendo primordialmente breve e intensa, e incluirá capacitación aplicada en el empleo. Se seguirá brindando capacitación académica superior a personas de países menos desarrollados en los que sea necesario establecer una base firme de recursos humanos para apoyar el desarrollo tecnológico.

Si el pasado es un prólogo, cabe afirmar que el apoyo del OIEA dirigido a brindar oportunidades de capacitación para científicos, ingenieros, especialistas y técnicos de los países en desarrollo seguirá siendo un valioso componente de los esfuerzos por transferir con eficacia las múltiples aplicaciones pacíficas del átomo. Mientras tanto, ayudará a formar un buen número de futuros dirigentes nacionales e internacionales en la esfera nuclear.

Reuniones de la Junta de Gobernadores del OIEA

En sus reuniones de principios de diciembre de 1994, la Junta de Gobernadores examinó cuestiones relacionadas con el programa de asistencia y cooperación técnicas del Organismo para 1995-1996; las salvaguardias; el tráfico ilícito de materiales nucleares (*véase la información conexas en la página 61*); y la gestión de desechos radiactivos.

Salvaguardias en la RPDC. El 11 de noviembre la Junta celebró una reunión extraordinaria para examinar la aplicación de las salvaguardias en la República Popular Democrática de Corea (RPDC). La reunión se celebró como resultado de los acontecimientos vinculados al marco acordado que firmaron los Estados Unidos de América y la RPDC el 21 de octubre de 1994 en Ginebra.

La Junta autorizó a la Secretaría del OIEA a adoptar medidas en el marco de la petición hecha por el Consejo de Seguridad al Organismo respecto de las inspecciones en la RPDC, incluida la vigilancia de la congelación de sus reactores moderados con grafito y las instalaciones conexas. La petición

figuró en una declaración del Presidente del Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas de 4 de noviembre de 1994. Asimismo, la Junta acogió con beneplácito el hecho de que la RPDC permanecerá dentro del Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares (TNP) y de que éste entrará en pleno vigor con el acuerdo de salvaguardias firmado entre el OIEA y la RPDC.

Los inspectores del OIEA permanecen en el complejo nuclear de la RPDC en Nyongbyon. A mediados de noviembre un equipo técnico del Organismo visitó la RPDC para examinar con las autoridades locales las medidas de verificación necesarias según las prácticas establecidas del OIEA.

Cooperación técnica. En sus reuniones de diciembre, la Junta recibió un informe de su Comité de Asistencia y Cooperación Técnicas acerca de la prestación de asistencia técnica en el período 1995-1996. El programa propuesto abarca la asistencia a más de 80 países, así como proyectos regionales e interregionales.

Director General del OIEA prevé tareas futuras

El año 1995 y los subsiguientes reservan nuevas tareas para el OIEA, afirmó el Dr. Hans Blix, Director General del Organismo.

Al hablar ante el cuadragésimo noveno período de sesiones de la Asamblea General de las Naciones Unidas en Nueva York, el 17 de octubre de 1994, el Director General del OIEA, Dr. Hans Blix, dijo que los acontecimientos nucleares mundiales están situando al Organismo ante nuevas expectativas y exigencias en materia de servicios de verificación y seguridad.

El Dr. Blix observó que en el contexto de la conferencia de abril y mayo de 1995 de examen y prórroga del Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares (TNP), el OIEA presentaría informes detallados sobre la forma en que está fortaleciendo su sistema de verificación de salvaguardias. Afirmó que el OIEA también informará a la Conferencia del TNP sobre sus actividades de apoyo a la transferencia de ciencia y tecnología nucleares con fines pacíficos. Respecto de las salvaguardias, el Director General citó varios acontecimientos importantes que reclaman la ampliación de las actividades del OIEA, incluida la negociación satisfactoria de acuerdos de salvaguardia amplios con Estados de la antigua URSS.

Entre las nuevas actividades de verificación del OIEA, el Dr. Blix señaló que los Estados Unidos han iniciado un proceso encaminado a someter a la inspección del OIEA, con el tiempo, todo el material fisionable que ya no necesita para fines de defensa. También dijo que el OIEA ha establecido un grupo de trabajo para examinar las cuestiones

pertinentes relacionadas con la propuesta de acuerdo de reducción de la producción de uranio y plutonio muy enriquecidos con fines bélicos. Asimismo subrayó la función de asesor técnico que desempeña el OIEA respecto de los futuros acuerdos de verificación con vista a un tratado de prohibición completa de los ensayos. Las nuevas expectativas de la comunidad internacional están conduciendo además hacia un marco jurídico mundial fortalecido para el desarrollo seguro de la energía nuclear, afirmó el Dr. Blix. Observó que recientemente los gobiernos aprobaron la Convención Internacional sobre Seguridad Nuclear; que a principios de este mes la Junta de Gobernadores del OIEA aprobó nuevas normas básicas internacionales de seguridad contra las radiaciones; y que existe consenso en favor del establecimiento de una convención sobre la gestión y evacuación seguras de los desechos radiactivos. También describió importantes cambios en la orientación de los programas del OIEA para la transferencia de ciencia y tecnología nucleares.

Además de su discurso ante las Naciones Unidas, el Dr. Blix habló ante varios auditorios distinguidos en septiembre y octubre de 1994, a saber, el Consejo de Relaciones Exteriores en Washington, D.C.; el Congreso de la Sociedad Nuclear Europea en Lyon, Francia; y la trigésima octava reunión ordinaria de la Conferencia General del OIEA en Viena, Austria.

Se pueden obtener copias de los discursos del Director General solicitándolas a la División de Información Pública del OIEA.

Un grupo constituido por unos 96 expertos de 46 países y tres organizaciones internacionales asistió a una reunión celebrada los días 2 y 3 de noviembre de 1994 en Viena para examinar las posibles medidas contra el tráfico ilícito de materiales nucleares y fuentes radiactivas.

Los expertos expresaron amplio apoyo a la intensificación de las actividades del OIEA y a la realización por el Organismo de un examen pormenorizado de otras medidas a nivel internacional. La reunión fue convocada por el Director General, Dr. Hans Blix, atendiendo a una resolución de la Conferencia General del OIEA. (Véase la información conexa en la página 63.)

La reunión arrojó mucha luz sobre la cuestión del tráfico ilícito de materiales nucleares y fuentes radiactivas. Si bien ratificó que la responsabilidad primordial de la prevención de tales actos y la respuesta a ellos recae en los gobiernos interesados, la reunión instó a que se adoptaran medidas

complementarias prácticas y eficaces a nivel internacional —en particular, por parte del OIEA y por su conducto— para atender el problema del tráfico ilícito.

El tráfico debe combatirse primero en su fuente, afirmaron los expertos. Propusieron esferas en las que el OIEA podría intensificar sus actividades, incluidas una serie de medidas para ayudar a los Estados a mejorar sus sistemas nacionales de contabilidad y control y sus sistemas de protección física de dichos materiales, así como para crear una base fiable de información sobre incidentes que ayude al personal normativo y proporcione mejor información al público.

Teniendo en cuenta las observaciones, sugerencias y propuestas formuladas y examinadas en la reunión de expertos, la Secretaría del OIEA presentó recomendaciones a la Junta de Gobernadores del Organismo en su reunión de diciembre de 1994.

Reunión de expertos sobre el tráfico ilícito de materiales nucleares

El Foro Atómico Europeo otorgó su Premio Foratom de 1994 al Director General del OIEA, Dr. Hans Blix. El Premio, establecido en 1978, se otorga cada cuatro años a personas que hayan hecho aportes destacados a los usos pacíficos de la energía atómica en Europa y en el mundo en general. El Dr. Blix recibió el Premio el 4 de octubre de 1994 en el Congreso de la Sociedad Nuclear Europea, celebrado en Lyon, Francia, de manos del Dr. Bill Wilkinson, Presidente del Foro Atómico Europeo.

Al entregar el Premio, el Dr. Wilkinson encomió la "valiente y eficaz defensa de la energía nucleoelectrónica como fuente de electricidad inocua desde el punto de vista ambiental" desplegada por el Dr. Blix. También elogió su imparcialidad política, sus dotes administrativas y diplomáticas y su capacidad para preservar la confianza entre los líderes nacionales. En su discurso de aceptación, el Dr. Blix agradeció calurosamente al Dr. Wilkinson

el honor que para él representaba recibir dicho Premio, el cual aceptaba no sólo a título personal, sino también en nombre del personal del OIEA que trabajaba a su lado en el cumplimiento de los objetivos del Organismo. Afirmó que seguía profundamente convencido de los múltiples beneficios que para la humanidad tenían las versátiles aplicaciones pacíficas de la energía nuclear, incluida la generación de electricidad. Subrayó la creciente importancia de las dimensiones internacionales del uso de la energía nuclear, es decir, la necesidad de la verificación internacional del carácter pacífico de las instalaciones nucleares y del establecimiento de normas y servicios internacionales que complementaran las medidas nacionales a fin de garantizar la seguridad en el uso de la energía nucleoelectrónica. Al expresar su confianza en el futuro de la energía nucleoelectrónica, afirmó que serían cada vez más evidentes las ventajas de ese tipo de energía como parte valiosa de la mezcla general de energía.

Reconocimiento al Director General del OIEA

Más de 50 países han firmado la Convención Internacional sobre seguridad nuclear desde que se abrió a la firma en septiembre de 1994. Uno de ellos, Noruega, ya depositó su instrumento de ratificación ante el OIEA. La Convención, primer instrumento jurídico que aborda de modo directo la cuestión de la seguridad de las centrales nucleares de todo el mundo, quedó abierta a la firma el 20 de septiembre de 1994 en la Conferencia General del OIEA en Viena.

La Convención se aplica a las centrales nucleares civiles emplazadas en tierra y obliga a las Partes Contratantes a establecer y mantener marcos legis-

lativos y reglamentarios adecuados que rijan la seguridad. Por medio de la Convención, los Estados se comprometen a aplicar los principios fundamentales de seguridad de las instalaciones nucleares, y convienen en participar en reuniones periódicas de examen por homólogos para presentar informes nacionales sobre el cumplimiento de sus obligaciones.

La Convención permanecerá abierta a la firma en la sede del OIEA hasta su entrada en vigor. Esto ocurrirá 90 días después del depósito del vigésimo segundo instrumento de ratificación ante el OIEA, que es el Depositario de la Convención, incluidos

Convención internacional sobre seguridad nuclear

los instrumentos de diecisiete Estados que tengan cada uno al menos una instalación nuclear que haya alcanzado la criticidad en el núcleo de un reactor.

Al 15 de noviembre de 1994, estos cincuenta y dos países habían firmado la Convención: Alemania, Argelia, Argentina, Armenia, Australia, Austria, Bélgica, Brasil, Bulgaria, Canadá, Chile, China, Cuba, Dinamarca, Egipto, Eslovenia, España, Estados Unidos de América, Federación

de Rusia, Filipinas, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, India, Indonesia, Irlanda, Israel, Italia, Japón, República Checa, República de Corea, República Eslovaca, Luxemburgo, México, Nigeria, Nicaragua, Noruega, Países Bajos, Pakistán, Perú, Polonia, Portugal, Reino Unido, Rumania, Siria, Sudáfrica, Sudán, Suecia, Túnez, Turquía y Ucrania.

Técnicas nucleares en la agricultura

Científicos que participan en investigaciones agrícolas y ambientales en todo el mundo se reunieron en Viena del 17 al 21 de octubre de 1994 en el Simposio Internacional FAO/OIEA sobre técnicas nucleares y conexas en los estudios suelo-planta relacionados con la agricultura sostenible y la conservación del medio ambiente. El simposio fue organizado conjuntamente por el OIEA y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), y tuvo lugar en momentos en que la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Agricultura y la Alimentación celebraba sus 30 años de servicio.

El simposio incluyó estudios sobre las relaciones suelo/planta en los sistemas de agricultura sostenible e investigaciones vinculadas a los problemas de contaminación ambiental. Entre los temas técnicos concretos figuraron la fertilidad de los suelos, la nutrición vegetal, el aprovechamiento de los recursos hídricos, la producción de cultivos y aspectos ambientales relacionados con el aprovechamiento de nutrientes y recursos hídricos en los estudios de producción de cultivos.

Ceremonia de movimiento de tierra para la construcción del nuevo Laboratorio Aséptico de Salvaguardias, celebrada el 14 de octubre de 1994 en los Laboratorios del OIEA en Seibersdorf, Austria. El Laboratorio Aséptico, que se espera entre en funcionamiento a finales de 1995, estará dedicado concretamente al análisis de muestras y mediciones ambientales con fines de salvaguardias.

La financiación de la instalación incluye una contribución extrapresupuestaria de los Estados Unidos de 1,5 millones de dólares. En la ceremonia participaron el Embajador de los Estados Unidos, John Ritch III (foto superior, en el centro); el Sr. Bruno Pellaud, Director General Adjunto de Salvaguardias (tercero a partir de la izquierda); el Sr. Sueo Machi, Director General Adjunto de Investigaciones e Isótopos (segundo a partir de la izquierda); el Sr. Wim Breur, Director de la División de Servicios Generales del OIEA (a la izquierda); el Sr. Pier Danesi, Director de los Laboratorios del OIEA en Seibersdorf (segundo a partir de la derecha); y el Sr. Stein Deron, Jefe del Laboratorio Analítico de Salvaguardias.



Representantes gubernamentales de alto nivel, incluidos 20 ministros de 100 Estados Miembros del OIEA, asistieron a la trigésima octava reunión ordinaria de la Conferencia General del OIEA, que se celebró del 19 al 23 de septiembre de 1994 en Viena. Los delegados eligieron Presidente de la Conferencia al Profesor Alec Jean Baer, de Suiza. Se adoptaron medidas en una serie de esferas fundamentales del desarrollo nuclear en el mundo. Entre las cuestiones tratadas figuraron las siguientes:

Salvaguardias del OIEA en la RPDC. Expresando su continua preocupación por el incumplimiento por parte de la RPDC de su Acuerdo de salvaguardias con el OIEA, los Estados Miembros aprobaron una resolución en la que exhortan a la RPDC a cooperar de inmediato con el Organismo para la plena aplicación del Acuerdo, y a permitir que el Organismo tenga acceso a toda la información y todos los lugares significativos para las salvaguardias. Asimismo, apoyaron decididamente las medidas adoptadas por la Junta de Gobernadores del OIEA y al Director General, Dr. Hans Blix, por sus imparciales esfuerzos encaminados a la aplicación del Acuerdo de salvaguardias. (Véase también la información sobre la Junta en la página 60.)

Vigilancia y verificación en el Iraq. La Conferencia aprobó una resolución en la que subraya la necesidad de que el Iraq coopere plenamente con el Organismo para conseguir la aplicación completa y a largo plazo de las resoluciones del Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas relativas al Iraq. En ella toma nota de que el OIEA, tras completar la destrucción de la capacidad del Iraq para fabricar armas nucleares, ya está en condiciones de aplicar su sistema de vigilancia y verificación permanentes, y de que el Organismo se reserva el derecho de seguir investigando cualquier aspecto del antiguo programa del Iraq de fabricación de armas nucleares, particularmente en lo que respecta a cualquier nueva información que obtenga el Organismo y que se considere que exige nuevas investigaciones.

Sistema de salvaguardias del OIEA. Recordando la Conferencia sobre el Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares (TNP) de 1995 y el papel esencial del OIEA en la aplicación de salvaguardias en virtud de dicho Tratado y de los que establecen zonas regionales libres de armas nucleares (en América Latina y el Pacífico Sur), los Estados Miembros aprobaron una resolución sobre el fortalecimiento del sistema de salvaguardias del OIEA. En ella expresan la convicción de que las salvaguardias del Organismo pueden promover una mayor confianza entre los Estados y ayudar de este modo a fortalecer su seguridad colectiva, y subrayan la importancia capital de las salvaguardias eficaces para evitar el uso indebido de la energía nuclear con fines no pacíficos y fomentar la cooperación en su utilización con fines pacíficos. Específicamente, piden al Director General del OIEA que continúe sus esfuerzos encaminados a evaluar, desarrollar y ensayar, a título voluntario, las medi-

das destinadas a conseguir un sistema de salvaguardias fortalecido y más eficiente en función de los costos, y que presente a la Junta de Gobernadores del OIEA en marzo de 1995 propuestas encaminadas a ese fin, junto con una evaluación de sus posibles consecuencias técnicas, jurídicas y financieras.

Medidas contra el tráfico ilícito de materiales nucleares. Expresando su profunda preocupación por las informaciones sobre el tráfico ilícito y su apoyo a la adopción de medidas preventivas más amplias, la Conferencia General aprobó una resolución en la que invita al Director General del OIEA, Dr. Hans Blix, a adoptar una serie de medidas para intensificar las actividades por medio de las cuales el Organismo presta apoyo a los Estados Miembros en esta materia, incluidos el establecimiento y perfeccionamiento de sistemas nacionales de contabilidad y control de materiales nucleares; el examen de otras opciones que se ofrecen en la esfera de la recopilación, verificación y análisis de datos relativos a incidentes de tráfico ilícito y en la esfera de la protección física, en conformidad con el Estatuto del Organismo; y la preparación de propuestas en consulta con un grupo de expertos designados por Estados Miembros y organizaciones internacionales competentes para que sean presentadas a la Junta de Gobernadores del OIEA. (Véase también la información sobre el tráfico ilícito en la página 61.)

Zona libre de armas nucleares en Africa. Acogiendo con beneplácito los progresos realizados hacia la concertación de un tratado sobre una zona libre de armas nucleares en Africa, la Conferencia aprobó una resolución en la que encomia a los Estados africanos por sus esfuerzos y pide al Director General que continúe colaborando con ellos en este sentido.

Participación de Sudáfrica en las actividades del OIEA. La Conferencia aprobó una resolución en la que invita a Sudáfrica a reanudar su participación en todas las actividades del Organismo. En particular, pide a la Junta de Gobernadores del OIEA que examine la designación de Sudáfrica como integrante de la Junta. (En 1977 Sudáfrica dejó de ser designada Miembro de la Junta de Gobernadores por la Región de Africa.) Al adoptar la decisión, la Conferencia General observó particularmente el desmantelamiento por Sudáfrica de su programa de armas nucleares y su contribución a la evolución de una zona libre de armas nucleares africana, y acogió al nuevo Gobierno de la Unidad Nacional como representante de todos los pueblos de ese país.

Aplicación de las salvaguardias del OIEA en el Oriente Medio. La Conferencia aprobó una resolución en la que exhorta a todas las partes interesadas a que consideren seriamente la adopción de las medidas prácticas y apropiadas requeridas para la aplicación de la propuesta de establecer una zona libre de armas nucleares (ZLAN) mutua y eficazmente verificable en la región, e invita a todos los países interesados a que se adhieran a los regíme-

Aspectos destacados de la Conferencia General del OIEA de 1994



Prof. Alec Jean Baer, de Suiza, elegido Presidente de la Conferencia General del OIEA
(Cortesía: Pavlicek, OIEA)

nes internacionales de no proliferación, incluido el Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares, como un medio de complementar la participación en una zona libre de todas las armas de destrucción en masa en el Oriente Medio y de fortalecer la paz y la seguridad en la región. En la resolución se pide al Director General que continúe las consultas con los Estados del Oriente Medio para facilitar la pronta aplicación de salvaguardias totales del Organismo a todas las actividades nucleares de la región, como medida pertinente para la elaboración de acuerdos modelo y como paso necesario con miras a la creación de una ZLAN en el Oriente Medio.

Actividades de cooperación técnica del OIEA. La Conferencia aprobó dos resoluciones en esta esfera, una dirigida al fortalecimiento de las actividades de cooperación técnica, y la otra, al financiamiento de la asistencia técnica. En la primera resolución, entre otras cosas, se pide al Director General del OIEA que presente, en consulta con los Estados Miembros, nuevas iniciativas encaminadas a fortalecer las actividades de cooperación técnica del Organismo mediante el desarrollo de programas eficaces destinados a mejorar las capacidades científicas y tecnológicas de los países en desarrollo en las esferas de la energía nuclear con fines pacíficos y al logro de un desarrollo sostenible. En la segunda resolución se expresa preocupación por la disminución de las promesas y los pagos al Fondo de Asistencia y Cooperación Técnicas del Organismo y se pide a la Junta de Gobernadores del OIEA que vuelva a establecer un grupo de trabajo oficioso, abierto a la participación de todos los Estados Miembros, sobre el financiamiento de la asistencia técnica.

Asistencia técnica en el Oriente Medio. La Conferencia decidió restablecer la asistencia técnica a Israel y expresó su deseo de que se estrechara la cooperación entre el OIEA e Israel en las actividades del Organismo de conformidad con su

Estatuto y objetivos. (La asistencia técnica del Organismo a Israel se suspendió desde 1981 en cumplimiento de una resolución de la Conferencia General.) Además, la Conferencia General, en consonancia con el Acuerdo de El Cairo de 4 de mayo de 1994 entre la OLP e Israel, instruyó a la Junta de Gobernadores del Organismo que determinara, por conducto de su Comité de Asistencia Técnica, los proyectos de asistencia técnica que pudieran ejecutarse en los territorios bajo jurisdicción de la Autoridad Palestina por intermedio de las organizaciones internacionales competentes.

Gestión de desechos radiactivos. Los Estados Miembros aprobaron una resolución en que destacan la necesidad primordial de que el OIEA siga promoviendo, coordinando y fortaleciendo la cooperación internacional en la esfera de la gestión de desechos radiactivos. Concretamente, se invita a la Junta de Gobernadores y al Director General del OIEA a que inicien los preparativos para una convención internacional sobre seguridad de la gestión de desechos, y continúen el proceso de recopilación de la información básica pertinente que sea útil para redactar la convención. Asimismo, se les insta a que aumenten las actividades de asistencia del OIEA a los Estados Miembros, especialmente a los países en desarrollo, para el fortalecimiento de las infraestructuras de gestión de desechos, y a que examinen nuevas medidas encaminadas a fortalecer la cooperación internacional, incluida la evaluación de las consecuencias de la evacuación de desechos en la tierra y el mar.

Recursos hídricos y su producción. En relación con este tema general se aprobaron dos resoluciones. Una está dirigida a un plan para la producción de agua potable en forma económica. Tomando nota del interés de cierto número de Estados por las actividades relativas a la desalación del agua de mar utilizando la energía nuclear, y la conclusión formulada por un grupo asesor sobre la necesidad de establecer un programa para precisar



Dr. Chidambaram, de la India, Presidente de la Junta de Gobernadores del OIEA para 1994-1995
(Cortesía: Pavlicek, OIEA)

Junta de Gobernadores del OIEA para 1994-1995

La recién constituida Junta de Gobernadores del OIEA para 1994-1995 ha elegido Presidente al Gobernador de la India, Dr. R. Chidambaram, en sustitución del Embajador Ronald Alfred Walker, de Australia. El Dr. Chidambaram es Presidente de la Comisión de Energía Atómica de la India. Su destacada hoja de servicios también incluye actualmente la Presidencia de la Nuclear Power Corporation of India Ltd. y de la Junta de Gobernadores del Instituto de Tecnología indio, la Vicepresidencia de la Academia de Ciencias de la India, y la condición de Profesor Honorario del Centro de Investigaciones Científicas Avanzadas Jawaharlal Nehru.

Fueron elegidos Vicepresidentes el Sr. Yalçın Sanalan, Presidente del Organismo Nacional de Energía Atómica de Turquía, y el Sr. Nikolai Aleksandrovich Shteinberg, Presidente del Comité Estatal Ucraniano de Seguridad Nuclear y Radiológica.

Los 35 Estados Miembros de la Junta para 1994-1995 son Alemania, Argelia, Argentina, Australia, Brasil, Canadá, China, Colombia, Cuba, Egipto, España, Estados Unidos de América, Etiopía, Federación de Rusia, Filipinas, Finlandia, Francia, Ghana, India, Indonesia, Irlanda, Japón, Líbano, Marruecos, México, Pakistán, Polonia, Reino Unido, República Eslovaca, Suiza, Tailandia, Túnez, Turquía, Ucrania y Uruguay.

un conjunto de opciones y seleccionar instalaciones de demostración, en la resolución se exhorta a los Estados Miembros que tengan posibilidades de aportar servicios de expertos y recursos extrapresupuestarios para apoyar estas actividades, a que faciliten dichos servicios y recursos. Además, se pide al Director General que celebre consultas con los Estados interesados, así como con las organizaciones internacionales pertinentes dentro y fuera del sistema de las Naciones Unidas, en relación con la desalación. La segunda resolución trata sobre la utilización extensiva de la hidrología isotópica para el aprovechamiento de los recursos hídricos, especialmente reconociendo su valioso papel en el estudio de procesos tales como la recarga de aguas subterráneas, la salinización del agua, la infiltración, y la contaminación de las masas de agua. En ella se pide al Director General que dirija los conocimientos especializados y los recursos del OIEA disponibles hacia algunos proyectos concretos y bien concebidos que tengan efectos visibles en el mejoramiento del aprovechamiento de los recursos hídricos con técnicas isotópicas, y se insta al Organismo a trabajar conjuntamente con otras organizaciones internacionales interesadas y a solicitar su cooperación en dichos proyectos.

En la Conferencia General del OIEA, una exposición especial contribuyó a la conmemoración del trigésimo aniversario de la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Agricultura y la Alimentación. Los científicos M. Maluszynski y J. Richards (a la izquierda) ofrecieron una explicación al Director General del OIEA, Dr. Hans Blix (al centro) y al Director General de la FAO, J. Diout (tercero a partir de la derecha). También estuvieron presentes el Sr. B. Sigurbjoernsson, Director de la División Mixta (segundo a partir de la derecha) y el Sr. Sueo Machi, Director General Adjunto de Investigaciones e Isótopos del OIEA. (Cortesía: Pavlicek, OIEA)

Presupuesto y recursos extrapresupuestarios del OIEA para 1995. La resolución aprobada autoriza gastos para 1995 en la cuantía de 211,5 millones de dólares de los Estados Unidos de América, lo cual representa un crecimiento cero en términos reales. La Conferencia también aprobó la cifra objetivo de 61,5 millones de dólares para el Fondo de Asistencia y Cooperación Técnicas del OIEA para 1995.

Dotación de personal de la Secretaría del OIEA. Se aprobaron dos resoluciones. En una de ellas se toma nota de los actuales esfuerzos y se pide al Director General que, con ayuda de los Estados Miembros, aumente la proporción de funcionarios procedentes de países en desarrollo, en particular en los niveles superiores y directivos. En la otra se pide al Director General que continúe sus esfuerzos para rectificar el desequilibrio existente en la representación de mujeres en el Cuadro Orgánico y categorías superiores, particularmente en los niveles superior y directivo, así como en los cargos que exigen calificación científica y técnica, y de los países en desarrollo.

Seguridad nuclear y protección radiológica. La Conferencia General también tomó nota de varios informes sobre las actividades del OIEA encaminadas a fortalecer la seguridad nuclear y la protección radiológica. Entre otras medidas figuran las relacionadas con la aplicación de las convenciones internacionales, incluida la Convención internacional sobre seguridad nuclear, abierta a la firma durante la Conferencia General; la prestación de servicios de seguridad, la elaboración de normas de seguridad, incluidas las recién aprobadas Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación; el fomento de la educación y la capacitación; la prestación de



asistencia técnica, especialmente la relativa a la seguridad de las centrales nucleares de los países de Europa oriental y la antigua Unión Soviética; y principios de seguridad para las futuras centrales

nucleares. Asimismo, la labor incluye el examen de un comité permanente de cuestiones relacionadas con la responsabilidad por daños nucleares.

Transporte aéreo de materiales radiactivos

Expertos de 17 Estados Miembros del OIEA y tres organizaciones internacionales se reunieron recientemente en Viena a fin de tratar sobre diversas disposiciones reglamentadoras propuestas para determinados tipos de materiales radiactivos en el transporte aéreo. Concretamente examinaron un proyecto de documento técnico que se emplearía en la elaboración de disposiciones reglamentadoras para un nuevo tipo de embalaje que se exigirá en el transporte aéreo de materiales radiactivos cuyas cantidades excedan determinado umbral. Se prevé que las disposiciones se incluyan en la edición revisada de 1996 del Reglamento del OIEA para el transporte seguro de materiales radiactivos.

La reunión logró consenso respecto de la mayoría de los requisitos de prueba propuestos para los nuevos embalajes, que se conocerán como Tipo C. Estas pruebas incluyen una prueba de impacto a una velocidad de impacto de no menos de 85 metros por segundo (la mayoría de las colisiones de aviones tienen por lo general velocidades de impacto inferiores a la del criterio de prueba propuesto); una prueba de incendio a la temperatura de 800 grados Celsius por espacio de una hora; una prueba de inmersión a 200 metros destinada a permitir la

recuperación del embalaje de las aguas costeras o las plataformas continentales; una prueba de perforación/desgarradura; y una prueba de triturado fuerte. Los criterios de prueba propuestos son en parte suplementarios, y en todos los casos, más estrictos que los de otros diseños de embalaje ya existentes, teniendo en cuenta el medio diferente y más severo de las fuerzas mecánicas y térmicas que actúan en los accidentes aéreos.

El Reglamento del OIEA para el transporte seguro de materiales radiactivos ha sido durante mucho tiempo la base de la reglamentación de las expediciones nacionales e internacionales de materiales radiactivos por carretera, vía férrea, aire y mar. Ese Reglamento está sujeto a un proceso de revisión y examen permanentes a fin de determinar las esferas en las que se pueden introducir nuevas mejoras. En el caso del transporte aéreo, el proceso de revisión está encaminado a limitar la probabilidad de que los accidentes de aeronaves que transportan embalajes de materiales radiactivos tengan consecuencias radiológicas graves; facilitar la planificación; y asegurar la recuperación del embalaje.

Tecnologías de irradiación en la atención médica

A medida que aumenta el número de países que utilizan la radiación ionizante para esterilizar tejidos, sangre y otros productos médicos, se hace cada vez más clara la necesidad de mancomunar los conocimientos internacionales sobre dicha tecnología. En la Tercera Conferencia Europea sobre Bancos de Tejidos y Aplicación Clínica de Injertos, especialistas de la esfera analizaron aspectos jurídicos y éticos, así como cuestiones de normalización y garantía de calidad. La conferencia fue organizada en Viena, del 4 al 7 de octubre de 1994, por la Asociación Europea de Bancos de Tejidos (EATB) en cooperación con el OIEA y con la Asociación Americana de Bancos de Tejidos y la Asociación de Asia y el Pacífico de Bancos de Tejidos Quirúrgicos.

Las reuniones científicas se concentraron en una serie de temas técnicos, así como en normas generales para el mantenimiento de bancos de teji-

dos y en las reglas éticas que han sido propuestas por la EATB en interés de la armonización dentro de Europa. También se presentó una reseña del programa del OIEA sobre esterilización de tejidos por irradiación. El programa ha propiciado el establecimiento de bancos de tejidos en 13 países de la región de Asia y el Pacífico, y al surgimiento actual de otros en África y América del Sur. Con vista a fomentar progresos ulteriores, el OIEA ha aprovechado el apoyo de importantes asociaciones mundiales vinculadas a esta tecnología. Entre otras aplicaciones examinadas en la conferencia figuraron el empleo de tecnologías de irradiación en la esterilización de suministros médicos envasados y otros productos conexos. Se informó que, a nivel mundial, más del 40% de tales productos se esteriliza actualmente empleando la tecnología de irradiación, mediante 180 irradiadores gamma y 20 aceleradores de haces de electrones en servicio.

En un simposio internacional del OIEA celebrado del 10 al 14 de octubre de 1994 en Viena, se examinaron aspectos de seguridad, técnicos y ambientales del almacenamiento de combustible irradiado. El simposio incluyó el examen de los siguientes aspectos: enfoques nacionales del almacenamiento seguro de combustible irradiado; selección de diferentes tecnologías de almacenamiento de combustible irradiado; y diseño, planificación y selección del emplazamiento de las instalaciones de almacenamiento. La cantidad total de combustible irradiado acumulado en el mundo al final de 1993 fue de 140 000 toneladas de metales pesados (tMP) y las proyecciones indican que esa cantidad puede alcanzar las 330 000 tMP en el año 2010. Teniendo en cuenta que parte de ella será reelaborada, la cantidad que deberá almacenarse en el 2010 sería unas 215 tMP, o sea, más del doble de la cantidad

que existe almacenada hoy en el mundo. Los problemas de almacenamiento necesariamente están reclamando cada vez más medidas urgentes en una serie de países.

El combustible irradiado se puede almacenar en condiciones de seguridad por largo tiempo, y en algunos países se ha logrado ya el almacenamiento seguro de una cierta cantidad de ese tipo de combustible por más de 30 años. El simposio reafirmó el consenso científico de que las tecnologías actuales para el almacenamiento de combustible irradiado ofrecen una protección adecuada a la población y el medio ambiente, así como el constante interés en estudiar si se puede alcanzar una reducción ulterior de los riesgos y aumentar la seguridad radiológica. Asistieron al simposio más de 120 participantes de 34 países y cuatro organizaciones internacionales.

Simposio sobre almacenamiento de combustible irradiado

A finales de octubre de 1994 se celebró en París una importante conferencia internacional sobre la radiación y la sociedad. La conferencia, que duró una semana, fue organizada por el OIEA a invitación de Francia y con el apoyo del Instituto de Protección y Seguridad Nuclear de Francia (IPSN). Las reuniones tuvieron lugar en el nuevo centro de conferencias del Louvre.

La conferencia atrajo el interés y la participación de unos 400 formuladores de política, expertos nucleares y medios de difusión de 51 países y nueve organizaciones internacionales. Los participantes examinaron una serie de estudios de caso, entre ellos el legado de las armas nucleares, grupos de casos de cáncer y leucemia, la evacuación de desechos radiactivos y el medio ambiente, y los efectos del accidente de Chernobyl para la salud. Además, examinaron diversos aspectos de la interrelación entre la opinión de los expertos, la percep-

ción del público y de los medios de difusión y el proceso de adopción de decisiones.

Las reuniones técnicas abarcaron diversos temas, incluida la evaluación de los niveles de exposición a las radiaciones, la evaluación de los efectos de las radiaciones para la salud, las consecuencias de la radiación para el medio ambiente, la percepción del riesgo radiológico y la gestión del riesgo radiológico. Las reuniones dedicadas a los medios de difusión y los formuladores de política trataron en particular los aspectos de comunicación del riesgo radiológico, incluidos debates de estudios de caso polémicos.

Se puede obtener más información solicitándola a la División de Seguridad Nuclear del OIEA, o al servicio de comunicación del IPSN en París, Francia (teléfono 33-1-46-5486-38, o facsímil 33-1-46-5484-51).

Conferencia sobre la radiación y la sociedad

Representantes de los Estados Miembros del OIEA fueron informados recientemente de la situación del programa para el fortalecimiento de la infraestructura de protección radiológica, seguridad nuclear y gestión de desechos radiactivos en los países de la antigua URSS. El programa se inició en 1993 como una iniciativa conjunta por etapas del OIEA y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) dirigida al intercambio de información, la preparación de paquetes de asistencia por países y su ejecución.

El programa se encuentra ahora en su segunda etapa y la sesión de información se centró en los paquetes de asistencia que se han preparado para ocho países de la antigua URSS, a saber, Belarús, Estonia, Kazajstán, Kirguistán, Letonia, Lituania, Moldova y Uzbekistán. Los paquetes de asistencia

por países se basan en la información reunida hasta la fecha a partir del forum celebrado del 4 al 7 de octubre de 1993 en Viena y de las misiones de expertos, así como en la información aportada por expertos locales. Su objetivo es fortalecer los marcos legislativos y reglamentadores de estos países, mejorar su desempeño en materia de reglamentación y operacional, fortalecer su capacidad de movilización y aprovechamiento de recursos externos, y fomentar la conciencia y la confianza del público.

En la actualidad se están procurando recursos financieros adicionales para llevar el programa a la etapa de ejecución. Puede obtenerse más información, solicitándola a la División de Seguridad Nuclear del OIEA.

Fortalecimiento de las infraestructuras de protección radiológica

Croacia: Colaboración con el OIEA

El OIEA ha inaugurado el Laboratorio de Microanálisis Nuclear en el Instituto Ruder Boskovic, en Croacia, como uno de sus laboratorios colaboradores en la esfera de las técnicas analíticas basadas en aceleradores. Ello permite al OIEA ofrecer servicios analíticos avanzados y capacitación, particularmente en relación con varios de sus programas.

En Croacia se ha construido una instalación analítica de haces, que se ha instalado en el acelerador Van de Graaf existente. La colaboración permite el uso gratuito de la máquina por el OIEA, y de servicios de apoyo como la preparación de muestras y un laboratorio electrónico. Además, abarca la microsonda protónica, instalada en el mismo acelerador y utilizada para la localización geográfica de concentración de elementos en una escala micrométrica. La instalación de haces también se puede emplear para ofrecer servicios analíticos avanzados a científicos de los Estados Miembros del OIEA y sus instituciones. Asimismo, se puede brindar capacitación y mantenimiento de equipo de aceleradores a los países en desarrollo que posean ese tipo de instalaciones. Entre las aplicaciones figuran el análisis de la contaminación del aire y el análisis multielementos de muestras ambientales, aplicaciones médicas y biológicas, análisis del estado sólido y material y estudios agrícolas.

Argentina: Curso de capacitación nuclear

Del 31 de octubre al 2 de diciembre de 1994, la Argentina sirvió de sede de un curso de capacitación interregional sobre garantía de calidad en las operaciones de las centrales nucleares. El curso, al que asistieron 30 participantes de 12 países, ofreció información sobre los métodos y técnicas actuales que ayudan a alcanzar la seguridad y fiabilidad de las centrales nucleares. Expertos de Argentina, España, Estados Unidos, Francia, México, Reino Unido y el OIEA dictaron conferencias.

Ucrania: Firmado acuerdo de salvaguardias

El 28 de septiembre de 1994 se firmó en la sede del Organismo un acuerdo de salvaguardias amplio entre el OIEA y Ucrania. Firmaron el acuerdo en nombre del OIEA su Director General, Dr. Hans Blix, y en nombre de Ucrania, el Sr. Nikolai A. Shteinberg, Presidente del Comité Estatal Ucrainiano de Seguridad Nuclear y Radiológica. El acuerdo de salvaguardias fue aprobado por la Junta de Gobernadores del OIEA en septiembre de 1994, y abarca el material nuclear de todas las actividades nucleares pacíficas realizadas dentro del territorio de Ucrania, bajo su jurisdicción o bajo su control en cualquier parte del mundo. El acuerdo entrará

en vigor una vez que el OIEA reciba de Ucrania la notificación por escrito de que se han cumplido todos los requisitos estatutarios y constitucionales de ese país. El acuerdo se mantendría en vigor hasta ser sustituido por un acuerdo entre Ucrania y el Organismo para la aplicación de salvaguardias en relación con el Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares (TNP).

En septiembre de 1992 el Ministro de Relaciones Exteriores de Ucrania había informado al OIEA de la intención de su país de adherirse al TNP en calidad de Estado no poseedor de armas nucleares. Desde entonces, el OIEA ha adoptado una serie de medidas necesarias para la aplicación de salvaguardias relacionadas con el TNP en Ucrania, incluidas visitas técnicas destinadas a realizar actividades de verificación similares a las establecidas en los acuerdos de salvaguardias del tipo TNP. El 16 de noviembre de 1994 el parlamento ucraniano votó a favor de la firma del TNP.

Yemen: Nuevo miembro del OIEA

La República del Yemen se convirtió en nuevo miembro del OIEA el 14 de octubre de 1994 al depositar su instrumento de aceptación del Estatuto. La solicitud del Yemen para ser aceptado como miembro había sido aprobada por la Conferencia General del OIEA en 1991. En noviembre de 1994, el OIEA tenía 122 Estados Miembros.

Kazajstán: Transferencia de UME a los Estados Unidos de América

A finales de noviembre se informó al OIEA de que una cantidad de uranio muy enriquecido fue trasladada de Kazajstán a los Estados Unidos, donde será sometida a la inspección de salvaguardias del OIEA. El OIEA fue informado de la transferencia con antelación. Kazajstán es parte en el Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares (TNP) y como tal ha firmado un acuerdo de salvaguardias con el OIEA en el que se establecerán las inspecciones.

Italia y China: Premio CIFT a científico chino

El Centro Internacional de Física Teórica de Trieste, Italia, ha otorgado su Premio CIFT 1994 en las esferas de matemáticas, física nuclear, física del plasma y otras ramas de la física al Dr. Chao-Jiang Xu, de la Universidad Wuhun en China. El Premio consiste en una medalla, un diploma y 1000 dólares de los Estados Unidos. Los Premios CIFT se otorgan anualmente en reconocimiento a contribuciones destacadas y originales en los campos de

las matemáticas y la física. Los candidatos deben ser nacionales de países en desarrollo que trabajen y vivan en esos países.

El CIFT también ha anunciado que ya se puede obtener información sobre sus actividades por computadora. Los usuarios del correo electrónico, por ejemplo, deben enviar un mensaje a smr@ictp.trieste.it. Para aquellos que deseen escribir una carta, la dirección postal convencional del CIFT es P.O. Box 586, 34100 Trieste, Italia.

Canadá: Curso práctico internacional de la ASTM

Quebec será la sede del tercer curso práctico internacional sobre dosimetría para el tratamiento por irradiación, que está organizando del 1 al 6 de octubre de 1995 la American Society for Testing and Materials (ASTM). El curso incluye sesiones prácticas en el Canadian Irradiation Centre y conferencias de expertos en la materia reconocidos internacionalmente. Se espera que entre los participantes figuren explotadores de irradiadores, personal de garantía de calidad, investigadores, proveedores de dosímetros, fabricantes de dispositivos médicos y procesadores de alimentos. Se puede obtener más información solicitándola al Sr. John Rickey, Far West Technology, Inc., 330 D S. Kellogg, Goleta, CA 93117 USA. Fax: 805-964-3162.

Japón: Seminario sobre radioterapia

Científicos del Japón han iniciado aplicaciones clínicas del primer acelerador de iones pesados del mundo, llamado HIMAC, que se dedicará a fines médicos, concretamente a la radioterapia del cáncer.

En noviembre de 1994, durante el Seminario Internacional sobre aplicaciones de aceleradores de iones pesados en la radioterapia del cáncer, se presentaron informes científicos en los que se destacaba el desarrollo y uso clínico del HIMAC. El seminario, al que asistieron 160 especialistas de 19 países, fue organizado en cooperación con el OIEA por el Instituto Nacional de Ciencias Radiológicas (NIRS) de Chiba, Japón. Paralelamente al seminario, el OIEA celebró una reunión de consultores para obtener recomendaciones acerca de sus actividades futuras relativas a la aplicación de partículas cargadas pesadas en el tratamiento del cáncer.

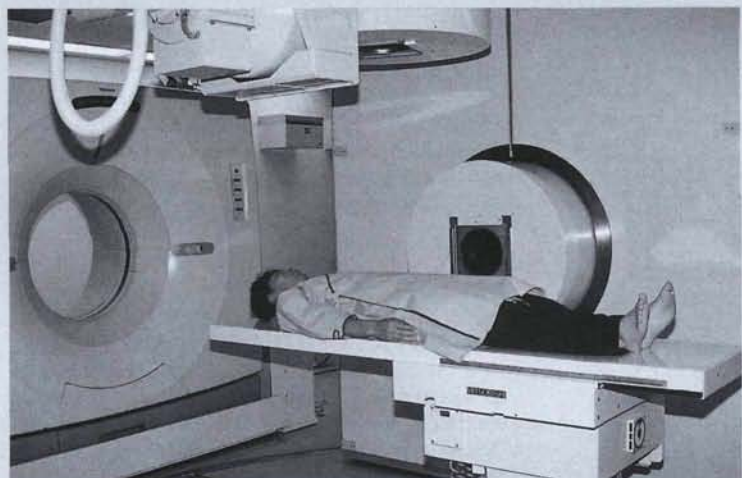
Las reuniones técnicas del seminario abarcaron temas relacionados con la radioterapia de partículas del cáncer; la aplicación de haces con el sistema de la irradiación y la dosimetría de las radiaciones; la planificación del tratamiento; el papel de la biología experimental para la radioterapia; y resultados clínicos y protocolos para el tratamiento de tumo-

res humanos específicos. Se hizo especial hincapié en el diseño de las instalaciones futuras para la radioterapia de partículas cargadas pesadas. Los participantes subrayaron la necesidad de aumentar la cooperación internacional en ese campo. Entre las esferas en que es preciso ampliar el trabajo cooperativo figuran la investigación en física y biología de partículas cargadas pesadas y la intercomparación de los resultados clínicos para lograr una radioterapia más efectiva y segura de los pacientes de cáncer. En respuesta a las expectativas expresadas en el seminario, el NIRS ofreció poner la instalación HIMAC a disposición de la investigación internacional y del tratamiento de pacientes.

Austria: Proyecto de suelos del IIASA

El Instituto Internacional de Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA) con sede en Austria ha puesto en marcha un nuevo proyecto para la elaboración de estrategias alternativas destinadas a limitar los efectos de los metales pesados tóxicos en los seres humanos y el medio ambiente. Aunque la calidad del aire y el agua ha mejorado significativamente en los últimos dos decenios, el IIASA observa que la calidad del suelo ha empeorado progresivamente. El carácter de las estructuras del suelo hace que las sustancias químicas tóxicas y otros materiales orgánicos persistentes residan más tiempo en el suelo que en el aire o el agua. El proyecto del IIASA estudiará las condiciones en diversas regiones del mundo, con el propósito de crear un modelo aplicable a la formulación de políticas y a la determinación de estrategias eficaces de control de la contaminación de los suelos. Se puede obtener más información solicitándola al IIASA en Laxemburg, Austria, A-2361.

Interior de la instalación HIMAC en el NIRS de Chiba, Japón, donde se han iniciado tres radioterapias dimensionales de iones pesados con pacientes de cáncer.
(Cortesía: NIRS)



ENVEJECIMIENTO DE CENTRALES NUCLEARES. Unos 47 expertos técnicos de 20 Estados Miembros se reunieron en Viena del 5 al 9 de septiembre de 1994 para examinar proyectos de informes de orientación sobre la evaluación y la gestión del envejecimiento de componentes principales de las centrales nucleares, tales como la vasija de presión del reactor, elementos internos de la vasija, el presurizador, y el sistema de tuberías primarias de los reactores de agua a presión (PWR); la vasija de presión del reactor, los elementos internos de la vasija y los componentes metálicos de los reactores de agua en ebullición (BWR); los tubos de presión, la calandria, el soporte de la calandria y el sistema de tuberías primarias de los reactores Candu; y los generadores de vapor de los reactores PWR y Candu. Se espera que los informes estén listos a mediados de 1995.

APOYO A LA GESTIÓN DE DESECHOS. La Sección de Gestión de Desechos del OIEA ha establecido un grupo especial encargado de ayudar a los países en desarrollo a perfeccionar sus infraestructuras de gestión de desechos. El grupo, llamado "Apoyo a los Estados Miembros en desarrollo", dirigirá los servicios de asistencia directa y coordinará las actividades de cooperación técnica en gestión de desechos. Se creó atendiendo al aumento de las necesidades de asistencia y apoyo técnicos en gestión de desechos radiactivos entre los países en desarrollo.

COMUNICACIONES NUCLEARES. En una nueva publicación de la División del Ciclo del Combustible Nuclear y Gestión de Desechos del OIEA se tratan aspectos fundamentales de las actividades nucleares y la información pública. El libro se titula *Nuclear Communications: A Handbook for Guiding Good Communications Practices at Nuclear Fuel Cycle Facilities* (precio: 280 chelines austríacos) y ofrece una fuente de información compacta para los profesionales de la esfera nuclear, además de identificar y abordar las cuestiones fundamentales que pueden interesar al público en relación con diferentes aspectos del ciclo del combustible nuclear. Véase en la sección *Publicaciones* del presente *Boletín del OIEA* la información necesaria para efectuar pedidos.

SERVICIOS DE EXAMEN DE LA SEGURIDAD DE LAS CENTRALES NUCLEARES. Se están planificando para todo el año 1995 misiones de examen de la seguridad de las operaciones de centrales nucleares en Estados Miembros del OIEA. Las misiones del Grupo de Examen de la Seguridad Operacional (OSART) del OIEA en

1995 incluyen las programadas en Kazajstán, Francia, Japón, Ucrania, Lituania, Argentina, Suecia, Suiza y el Reino Unido. En el marco del programa del Grupo de evaluación de sucesos significativos desde el punto de vista de la seguridad (ASSET), hasta diciembre de 1994 se habían solicitado 11 misiones para 1995, incluida la primera misión que incorpora un nuevo servicio ASSET, a saber, exámenes por homólogos de los análisis de seguridad de las centrales realizados según los procedimientos ASSET. El año 1995 será testigo de la culminación de la misión ASSET N° 100 desde que comenzó el servicio. Para obtener más información sobre estos y otros servicios en materia de seguridad, sírvase solicitarla a la División de Seguridad Nuclear del OIEA.

ESCALA INTERNACIONAL DE SUCESOS NUCLEARES. Funcionarios nacionales de los países participantes en la Escala Internacional de Sucesos Nucleares del OIEA (INES) se reunieron en Viena a finales de octubre de 1994 para examinar el funcionamiento del sistema. La INES se usa para clasificar en una escala de siete niveles los sucesos significativos relacionados con la seguridad que tienen lugar en las instalaciones nucleares. La reunión tomó nota de que el sistema está demostrando su eficacia al facilitar un entendimiento común y una notificación rápida de los sucesos. Al mismo tiempo, se observó que existen algunas incongruencias entre los países participantes en la aplicación de la clasificación y los procedimientos de la INES, un factor que se espera sea tratado en 1995. Cincuenta y cuatro países participan en el sistema de información de la INES, que fue desarrollado conjuntamente por el OIEA y la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos y se emplea en todo el mundo desde 1992.

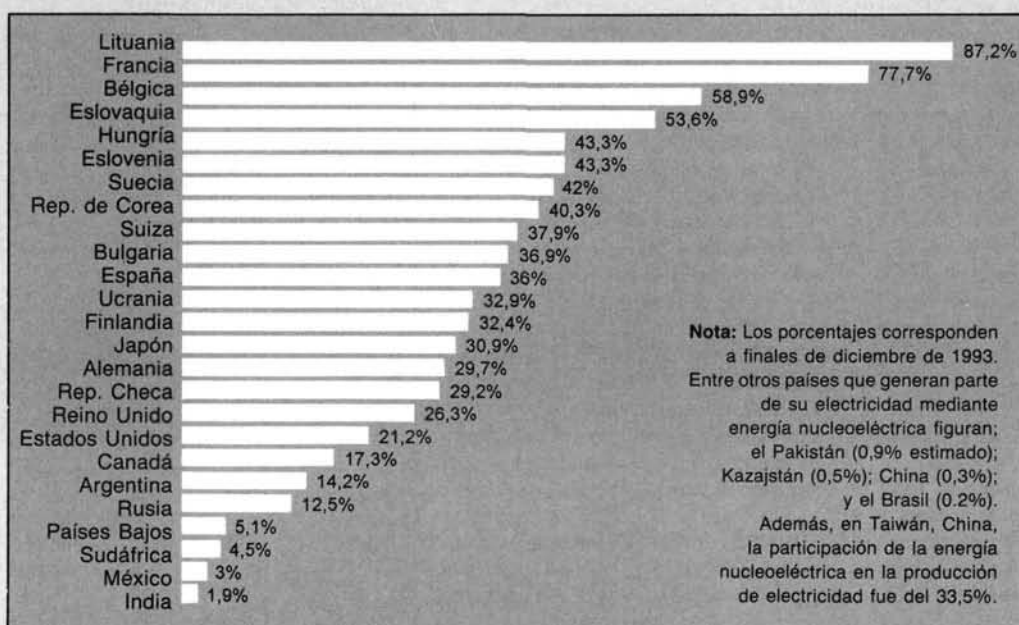
ESTUDIO DE LA OMS SOBRE ALIMENTOS IRRADIADOS. En un nuevo estudio detallado pormenorizado, la Organización Mundial de la Salud (OMS) llega a la conclusión de que los alimentos irradiados producidos conforme a buenas prácticas de fabricación se pueden considerar inocuos y adecuados desde el punto de vista nutricional. El estudio se titula *Safety and Nutritional Adequacy of Irradiated Food* y es la compilación más completa sobre el tema que ha publicado esa organización mundial de la salud. Alrededor de 40 países de todo el mundo han aprobado el uso de la irradiación para diversos tipos de alimentos, y unos 30 de ellos están aplicándola en una escala comercial limitada. Para obtener más información sobre el estudio, sírvase dirigirse a la Dependencia de la Inocuidad de los Alimentos de la OMS, 1211 Ginebra 27, Suiza. Fax: 791-0746.

DATOS ESTADISTICOS INTERNACIONALES

Reactores de energía nucleoelectrica en el mundo

	En funcionamiento		En construcción	
	N° de unidades	MW(e) totales netos	N° de unidades	MW(e) totales netos
Alemania	21	22 559		
Argentina	2	935	1	692
Bélgica	7	5 527		
Brasil	1	626	1	1 245
Bulgaria	6	3 538		
Canadá	22	15 755		881
China	2	1 194	1	906
Corea, República de	9	7 220	7	5 770
Cuba			2	816
Eslovaquia	4	1 632	4	1 552
Eslovenia	1	632		
España	9	7 101		
Estados Unidos de América	109	98 784	2	2 330
Finlandia	4	2 310		
Francia	57	59 033	4	5 815
Hungría	4	1 729		
India	9	1 593	5	1 010
Irán, Rep. Islámica del			2	2 392
Japón	48	38 029	6	5 645
Kazajstán	1	70		
Lituania	2	2 370		
México	1	654	1	654
Países Bajos	2	504		
Pakistán	1	125	1	300
Reino Unido	35	11 901	1	1 188
República Checa	4	1 648	2	1 824
Rumanía			5	3 155
Rusia, Federación de	29	19 843	4	3 375
Sudáfrica	2	1 842		
Suecia	12	10 002		
Suiza	5	2 952		
Ucrania	15	12 679	6	5 700
Total mundial*	430	337 718	55	44 369

* El total incluye a Taiwán, China, donde hay seis reactores en funcionamiento con una capacidad total de 4890 MWe.



Participación de la energía nucleoelectrica en la generación de electricidad en países seleccionados

POSTS ANNOUNCED BY THE IAEA

HEAD (95-003), Department of Administration. This P-5 post requires an advanced university degree in business management or other relevant field, and at least 15 years of experience in management consulting or similar experience. Also required are excellent presentation and communication skills, particularly in drafting in English. Successful direct experience in management. *Closing date: 25 May 1995.*

ANALYTICAL CHEMIST (95-004), Department of Research and Isotopes. This P-2 post requires a university degree in chemistry, particularly in analytical chemistry, with specialization in modern trace element analytical methods. Also required is at least 2 years of post graduate training or relevant experience. *Closing date: 25 May 1995.*

INDUSTRIAL CHEMIST (95-005), Department of Research and Isotopes. This P-3 post requires a Ph.D. or equivalent in applied chemistry or radiochemistry, with at least 6 years of relevant research/technical experience in industrial applications of radioisotopes such as nucleonic control systems, radiography, tracers. *Closing date: 25 May 1995.*

ENVIRONMENTAL RADIOCHEMIST (94-006), Department of Research and Isotopes. This P-2 post requires a university degree in nuclear chemistry or radiochemistry with a minimum of 2 years additional experience in radiochemistry and/or isotopic analysis, in particular with actinide elements. Also required is a sound knowledge of radionuclide tracer and radiochemical separation techniques, as well as instrumental radionuclide measurement methods including alpha and gamma spectrometry and liquid scintillation. *Closing date: 25 May 1995.*

REGIONAL EXPERT FOR ASIA/PACIFIC (95/701), Department of Research and Isotopes. This P-3 post requires a university degree in veterinary science or equivalent and a Ph.D. in animal reproduction, nutrition or closely related field. Also required is 6 years of experience at the national level on animal production and health research. Expertise in immunoassay techniques (including RIA and ELISA) and knowledge of small-farm livestock production systems in the tropics. *Closing date: 25 May 1995.*

NUCLEAR FUEL SPECIALIST/UNIT HEAD (95/007), Department of Nuclear Energy and Safety. This P-5 post requires a Ph.D. or equivalent in nuclear, chemical, mechanical or metallurgical engineering, physics, chemistry or metallurgy. Also required is a minimum of 15 years of experience in the area of fuel

performance and technology, at least 5 years of which should include proven experience at managerial level. *Closing date: 31 May 1995.*

MEDICAL OFFICER (95/008), Department of Administration. This P-4 post requires a medical degree and current medical registration (license). Also required is 10 years of broad clinical experience and training and experience in occupational medicine or equivalent. *Closing date: 31 May 1995.*

UNIT HEAD (95/009), Department of Safeguards. This P-5 post requires an advanced degree in chemistry, physics, engineering or electronics/instrumentation or the equivalent. At least 15 years combined research, industrial, and safeguards experience in the nuclear fuel cycle, processing of nuclear materials, nuclear material accounting and/or destructive/non-destructive analysis. Also required is experience in safeguards related activities including inspection planning, execution, data analysis and preparation of inspection reports and statements. *Closing date: 31 May 1995.*

SENIOR TRAINING OFFICER (95/010), Department of Safeguards. This P-4 post requires a university degree or equivalent in nuclear science, administration or education. Also required is at least 10 years of combined experience in the nuclear industry of which a minimum of 4 years must be as an international or national safeguards inspector. The candidate must have demonstrated ability to manage the learning situation effectively in relevant safeguards technical fields and be able to apply basic safeguards philosophy and regulations to various course elements. *Closing date: 31 May 1995.*

TECHNICAL CO-OPERATION REGIONAL EXPERT (95/702), Department of Research and Isotopes. This P-4 post requires an advanced university degree in hydrology, geochemistry or an associated field, and at least 10 years of experience in isotope hydrology and management of hydrological field projects in arid and/or semi-arid regions. Also required is good knowledge of the Agency's technical co-operation programmes in developing countries. *Closing date: 31 May 1995.*

BUDGET ANALYST (95/011), Department of Administration. This P-2 post requires a university degree in business administration or equivalent and at least 2 years of relevant experience. Also required is excellent knowledge of computer applications. *Closing date: 31 May 1995.*

AUDITOR (95/013), Office of the Director General. This P-2 post requires a university degree in accounting, business administration

or other related fields, and at least 2 years of working experience in auditing, accounting or financial administration. Also required is the ability to work with computer spreadsheet software packages. *Closing date: 31 May 1995.*

READER'S NOTE:

The *IAEA Bulletin* publishes short summaries of vacancy notices as a service to readers interested in the types of professional positions required by the IAEA. They are *not* the official notices and remain subject to change. On a frequent basis, the IAEA sends vacancy notices to governmental bodies and organizations in the Agency's Member States (typically the foreign ministry and atomic energy authority), as well as to United Nations offices and information centres. Prospective applicants are advised to maintain contact with them. Applications are invited from suitable qualified women as well as men. More specific information about employment opportunities at the IAEA may be obtained by writing the Division of Personnel, Box 100, A-1400 Vienna, Austria.

ON-LINE COMPUTER SERVICES. IAEA vacancy notices for professional positions, as well as application forms, now are available through a global computerized network that can be accessed directly. Access is through the Internet Services. The vacancy notices are located in a public directory accessible via the normal Internet file transfer services. To use the service, connect to the IAEA's Internet address NESIRS01.IAEA.OR.AT (161.5.64.10), and then log on using the identification *anonymous* and your user password. The vacancy notices are in the directory called *pub/vacancy_posts*. A *README* file contains general information, and an *INDEX* file contains a short description of each vacancy notice. Other information, in the form of files that may be copied, includes an application form and conditions of employment. Please note that applications for posts cannot be forwarded through the computerized network, since they must be received in writing by the IAEA Division of Personnel.

Informes y actas

Use of Irradiation to Control Infectivity of Food-borne Parasites, Panel Proceedings Series No. 933, 400 Austrian schillings, ISBN 92-0-103193-9

Measurement Assurance in Dosimetry, Proceedings Series No. 930, 1900 Austrian schillings, ISBN 92-0-100194-0

Compliance Assurance for the Safe Transport of Radioactive Material, Safety Series No. 112, 360 Austrian schillings, ISBN 92-0-100394-3

Status of Technology for Volume Reduction and Treatment of Low and Intermediate Level Solid Radioactive Waste, Technical Reports Series No. 360, 360 Austrian schillings, ISBN 92-0-100494-X

Management of Insect Pests: Nuclear and Related Molecular and Genetic Techniques, Proceeding Series, 1900 Austrian schillings, ISBN 92-0-000293-5

Strengthening Radiation and Nuclear Safety Infrastructures in Countries of the Former USSR, 300 Austrian schillings, ISBN 92-0-102793-1

Classification of Radioactive Waste, 200 Austrian schillings, ISBN 92-0-101294-2

Siting of Geological Disposal Facilities 180 Austrian schillings, ISBN 92-0-101194-6

Software Important to Safety in Nuclear Power Plants 560 Austrian schillings, ISBN 92-0-101594-1

Libros de referencia/estadísticas

IAEA Yearbook 1993, 500 Austrian schillings, ISBN 92-0-102493-2

Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates up to 2010, Reference Data Series No. 1, ISBN 92-0-102193-3 (IAEA-RDS-1/13)

Nuclear Power Reactors in the World, Reference Data Series No. 2, ISBN 92-0-101794-4 (IAEA-RDS-2/14)

Nuclear Research Reactors in the World, Reference Data Series No. 3, ISBN 92-0-103793-7

Radioactive Waste Management Glossary, 200 Austrian schillings, ISBN 92-0-103493-8

The Law and Practices of the International Atomic Energy Agency 1970-1980, Supplement 1 to the 1970 edition of Legal Series No. 7, Legal Series No. 7-S1, 2000 Austrian schillings, ISBN 92-0-103693-0

Agreements Registered with the International Atomic Energy Agency, 11th edition, STI/PUB No. 954, 800 Austrian schillings, ISBN 92-0-100994-1

LUGARES DE VENTA DE LAS PUBLICACIONES DEL OIEA

Los libros, informes y otras publicaciones del OIEA se pueden adquirir en las librerías o agentes de venta que se señalan seguidamente o a través de las principales librerías del país.

ALEMANIA

UNO-Verlag, Vertriebs- und Verlags GmbH, Dag Hammarskjöld-Haus, Poppelsdorfer Allee 55, D-53115 Bonn

ARGENTINA

Comisión Nacional de Energía Atómica, Avenida del Libertador 8250 RA-1429 Buenos Aires

AUSTRALIA

Hunter Publications, 58A Gipps Street, Collingwood, Victoria 3066

BELGICA

Service Courrier UNESCO, 202, Avenue du Roi, B-1060 Bruselas

CHILE

Comisión Chilena de Energía Nuclear, Venta de Publicaciones, Amunategui 95, Casilla 188-D, Santiago

CHINA

Publicaciones del OIEA en chino:
China Nuclear Energy Industry Corporation, Translation Section, P.O. Box 2103, Beijing
Publicaciones del OIEA en otros idiomas:
China National Publications Import & Export Corporation, Deutsche Abteilung, P.O. Box 88, Beijing

ESLOVAQUIA

Alfa, Publishers, Hurbanovo námestie 3, 815 89 Bratislava

ESPAÑA

Díaz de Santos, Lagasca 95, E-28006 Madrid
Díaz de Santos, Balmes 417, E-08022 Barcelona

FEDERACION DE RUSIA

Mezhdunarodnaya Kniga, Sovinkniga-EA, Dimitrova 39, SU-113 095 Moscú

FRANCIA

Office International de Documentation et Librairie, 48 rue Gay-Lussac, F-75240 Paris Cedex 05

HUNGRIA

Librotrade Ltd., Book Import, P.O. Box 126, H-1656 Budapest

INDIA

Oxford Book and Stationery Co., 17 Park Street, Calcuta-700 016
Oxford Book and Stationery Co., Scindia House, Nueva Delhi-110 001

ISRAEL

YOZMOT Literature Ltd., P.O. Box 56055, IL-61560 Tel Aviv

ITALIA

Libreria Scientifica, Dott. Lucio di Biasio "AEIOU", Via Coronelli 6, I-20146 Milán

JAPON

Maruzen Company, Ltd., P.O. Box 5050, 100-31 Tokyo International

MEXICO

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), Centro de Información Nuclear, Apdo. Postal 18-1027, Km. 36,5 Carretera México-Toluca, Salazar

PAISES BAJOS

Martinus Nijhoff International, P.O. Box 269, NL-2501 AX La Haya
Swets and Zeitlinger b.v., P.O. Box 830, NL-2610 SZ Lisse

PAKISTAN

Mirza Book Agency, P.O. Box 729, Lahore-3

POLONIA

Ars Polona, Foreign Trade Enterprise, Krakowskie Przedmieście 7, PL-00-068 Varsovia

REINO UNIDO

HMSO, Publications Centre, Agency Section, 51 Nine Elms Lane, Londres SW8 5DR

RUMANIA

Ilexim, P.O. Box 136-137, Bucarest

SUDAFRICA

Van Schaik Bookstore (Pty) Ltd., P.O. Box 724, Pretoria 0001

SUECIA

AB Fritzes Kungl. Hovbokhandel, Fredsgatan 2, P.O. Box 16356, S-103 27 Estocolmo

YUGOSLAVIA

Jugoslavenska Knjiga, Terazije 27, P.O. Box 36, YU-11001 Belgrado

Igualmente pueden hacerse pedidos y consultas directamente a:

Division de Publicaciones
Organismo Internacional de Energía Atómica
Wagramerstrasse 6, Apartado 100,
A-1400 Viena (Austria)

BASES DE DATOS EN LINEA

DEL ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA



Nombre de la base de datos
Sistema de Información
sobre Reactores de Potencia

Tipo de base de datos
Fáctica

Productor

Organismo Internacional
de Energía Atómica
en cooperación con
29 Estados Miembros del OIEA

Contacto con el OIEA

OIEA, Sección de
Ingeniería Nucleoeléctrica
P.O. Box 100, A-1400 Viena (Austria)
Teléfono (43) (1) 2360, Télex (1)-12645
Facsimil +43 1 234564
Correo electrónico
vía EARN/BITNET-
INTERNET a ID:
NES@IAE1.IAEA.OR.AT

Ambito

Información del mundo entero sobre
reactores de potencia en explotación,
en construcción, programados
o parados, y datos sobre experiencia
operacional de las centrales nucleares
en los Estados Miembros del OIEA.

Materias abarcadas

Situación, nombre, ubicación, tipo y
proveedor de los reactores; proveedor
del generador de turbina; propietario
y explotador de la central; potencia
térmica; energía eléctrica bruta y neta;
fecha de inicio de la construcción,
primera criticidad, primera sincroni-
zación con la red, explotación comercial,
parada y datos sobre las características
del núcleo del reactor y sistemas
de la central; energía producida;
pérdidas previstas e imprevistas
de energía; factores de disponibilidad
y de no disponibilidad energética;
factor de explotación y factor de carga.



Nombre de la base de datos
Sistema Internacional de Información
para la Ciencia y la Tecnología Agrícolas

Tipo de base de datos
Bibliográfica

Productor

Organización de las
Naciones Unidas para la Agricultura
y la Alimentación (FAO)
en cooperación con
172 centros nacionales, regionales e
internacionales del AGRIS

Contacto con el OIEA

Dependencia de Preparación del AGRIS
a/c OIEA, P.O. Box 100,
A-1400 Viena (Austria)
Teléfono (43) (1) 2360, Télex (1)-12645
Facsimil +43 1 234564
Correo electrónico
vía EARN/BITNET-
INTERNET a ID:
FAS@IAE1.IAEA.OR.AT

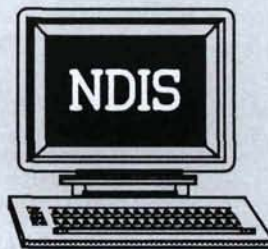
Cantidad de registros en línea
desde enero de 1993 hasta la fecha
más de 130 000

Ambito

Información del mundo entero sobre
ciencias y tecnología agrícolas,
incluidos bosques, pesca y nutrición.

Materias abarcadas

Agricultura en general; geografía
e historia; educación, extensión
e información; administración y
legislación; economía agrícola;
desarrollo y sociología rural; ciencia
y producción vegetal y animal;
protección de las plantas; tecnología
posterior a la cosecha; pesca y
acuicultura; maquinaria e ingeniería
agrícolas; recursos naturales;
procesamiento de productos agrícolas;
nutrición humana; contaminación;
metodología.



Nombre de la base de datos
Sistema de Información
sobre Datos Nucleares

Tipo de base de datos
Numérica y bibliográfica

Productor

Organismo Internacional
de Energía Atómica en cooperación
con el Centro Nacional de Datos Nucleares
de los Estados Unidos del Laboratorio
Nacional de Brookhaven, el Banco de
Datos Nucleares de la Agencia para
la Energía Nuclear, Organización de
Cooperación y Desarrollo Económicos
en París (Francia) y una red de otros
22 centros de datos nucleares
de todo el mundo

Contacto con el OIEA

OIEA, Sección de Datos Nucleares
P.O. Box 100, A-1400 Viena, Austria
Teléfono (43) (1) 2360, Télex (1)-12645
Facsimil +43 1 234564
Correo electrónico
vía EARN/BITNET-
INTERNET a ID:
RNDS@IAE1.IAEA.OR.AT

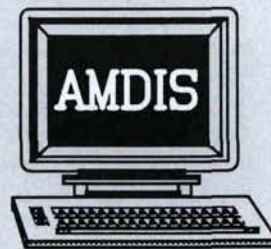
Ambito

Ficheros de datos numéricos sobre física
nuclear que describen la interacción
de las radiaciones con la materia,
y datos bibliográficos conexos.

Tipos de datos

Datos evaluados de reacciones neutrónicas
en el formato ENDF; datos de reacciones
nucleares experimentales en el formato
EXFOR, para reacciones inducidas por
neutrones, partículas cargadas o fotones;
períodos de semidesintegración nuclear
y datos de desintegración radiactiva
en los sistemas NUDAT y ENSDF;
información bibliográfica conexa de las bases
de datos CINDA y NSR del OIEA;
varios otros tipos de datos.

*Nota: Las recuperaciones de datos fuera
de línea del NDIS pueden obtenerse también
del productor en cinta magnética.*



Nombre de la base de datos
Sistema de Información de Datos
Atómicos y Moleculares

Tipo de base de datos
Numérica y bibliográfica

Productor

Organismo Internacional
de Energía Atómica en cooperación
con la red del Centro
de Datos Atómicos y Moleculares,
un grupo de 16 centros nacionales de datos
de diversos países

Contacto con el OIEA

OIEA, Dependencia de
Datos Atómicos y Moleculares,
Sección de Datos Nucleares
Correo electrónico
vía BITNET a: RNDS@IAEA1;
vía INTERNET a ID:
PSM@RIOC01.IAEA.OR.AT

Ambito

Datos sobre la interacción de los átomos,
las moléculas y el plasma con
la superficie, y las propiedades
de los materiales de interés para
la investigación y tecnología de la fusión.

Tipos de datos

Incluye datos formateados ALADDIN
sobre la estructura y los espectros
atómicos (niveles energéticos, longitudes
de onda, y probabilidades de transición);
choque de los electrones y
las partículas pesadas con los átomos,
iones y moléculas (secciones eficaces y/o
coeficientes de velocidad, incluida,
en la mayoría de los casos,
el ajuste analítico de los datos);
extracción de las superficies por
la acción de los componentes básicos
del plasma y la autoextracción:
reflexión de las partículas en
las superficies; propiedades termofísicas y
termomecánicas del berilio y
los grafitos pirolíticos.

*Nota: Las recuperaciones de datos fuera
de línea y de datos bibliográficos,
así como el soporte lógico y
el manual de ALADDIN podrán obtenerse
también del productor en disquetes,
cinta magnética o copia impresa.*

Para acceder a estas bases de datos, se ruega tomar contacto con los productores.
Las informaciones de estas bases de datos también pueden comprarse al OIEA en forma impresa.
Las de INIS y AGRIS se pueden obtener además en CD-ROM.



Nombre de la base de datos
Sistema Internacional de
Documentación Nuclear

Tipo de base de datos
Bibliográfica

Productor
Organismo Internacional
de Energía Atómica
en cooperación con
87 Estados Miembros del OIEA
y otras 16 organizaciones
internacionales miembros

Contacto con el OIEA
OIEA, Sección del INIS
P.O. Box 100, A-1400 Viena (Austria)
Teléfono (43) (1) 2360, Télex (1)-12645
Facsímil +43 1 234564
Correo electrónico
vía EARN/BITNET-
INTERNET a ID:
NIS@IAE1.IAEA.OR.AT

Cantidad de registros en línea
desde enero de 1976 hasta la fecha
más de 1 500 millones

Ámbito
Información del mundo entero sobre la
utilización de la ciencia y tecnología
nucleares con fines pacíficos,
y los aspectos económico y
ambiental de otras fuentes de energía.

Materias abarcadas
Reactores nucleares, seguridad de los
reactores, fusión nuclear, aplicaciones
de las radiaciones o los isótopos en la
medicina, la agricultura, la industria y
la lucha contra las plagas, así como
en otras esferas conexas como la
química nuclear, la física nuclear y
la ciencia de los materiales.
Se ha hecho especial hincapié
en las consecuencias de la
energía nuclear para el medio ambiente,
la economía y la salud, así como en los
aspectos económico y ambiental
de otras fuentes no nucleares de energía.
Abarca también los aspectos jurídicos
y sociales vinculados a la
energía nuclear.

INIS

ON CD-ROM



The IAEA's
nuclear science
and
technology
database on
CD-ROM

5000 JOURNALS

1.5 MILLION RECORDS

6 COMPACT DISCS

INIS (the International Nuclear Information System) is a multi-disciplinary, bibliographic database covering all aspects of the peaceful uses of nuclear science and technology. INIS on CD-ROM combines the worldwide coverage of the nuclear literature with all the advantages of compact disc technology.

Call +44 (0)81 995 8242 TODAY!

*for further information
and details of your local distributor*

or write to
SilverPlatter Information Ltd.
10 Barley Mow Passage, Chiswick, London,
W4 4PH, U.K.
Tel: 0800 262 096 +44 (0)81 995 8242
Fax: +44 (0)81 995 5159

CD-ROM means

- ◆ unlimited easy access
- ◆ fast, dynamic searching
- ◆ fixed annual cost
- ◆ flexible downloading and printing
- ◆ desktop access
- ◆ easy storage
- ◆ saving time, space and money





Mejora de la productividad del ganado rumiante en los países en desarrollo mediante el empleo de radioinmunoanálisis de progesterona para aumentar la productividad y calidad de los servicios de inseminación artificial

Mejorar la calidad de los servicios de inseminación artificial (IA) en los países en desarrollo mediante la identificación de las causas de inproductividad y la realización de los cambios apropiados para corregirlas. El programa servirá de medio para promover la capacitación y el desarrollo profesional de los técnicos en IA, así como para instruir a los ganaderos sobre la importancia de detectar el estro y mejorar las prácticas de cría.

Mejora del diagnóstico y lucha contra la fiebre aftosa en el sureste de Asia utilizando tecnologías basadas en ELISA

Fortalecer la capacidad de los servicios veterinarios nacionales de Asia para la lucha eficaz contra la fiebre aftosa creando posibilidades de utilizar sistemas basados en ELISA para el diagnóstico y vigilancia.

Prueba clínica aleatorizada de radioterapia combinada con mitomicina C en el tratamiento de tumores avanzados de la cabeza y del cuello

Aumentar la eficacia de la radioterapia y mejorar así los índices de curación y la supervivencia, acrecentar la competencia de las partes participantes en la esfera en cuestión y promover un uso más amplio de este método multimodal en la práctica oncológica, particularmente en los países en desarrollo.

Aplicación de técnicas isotópicas para investigar la contaminación de las aguas subterráneas

Establecer métodos de observación que permitan hacer más definitivos los datos aportados para la planificación, toma de decisiones y formulación de políticas de aprovechamiento de los recursos hídricos.

Protección radiológica en radiología diagnóstica en Asia y el Lejano Oriente

Llegar a un conocimiento detallado de las dosis colectivas recibidas en los países participantes mediante la comparación de las correspondientes a cada país, y definir prioridades para la mejora a nivel nacional.

Vigilancia en línea a alta temperatura de la química del agua y la corrosión (WACOL)

Formular recomendaciones acerca de la aplicación de medidas para el desarrollo, la verificación de calidad y el empleo en centrales de métodos y equipo para la vigilancia en línea de los parámetros significativos de la química del agua en todas las condiciones de funcionamiento.

Empleo de fangos de alcantarillado irradiados para aumentar la fertilidad de los suelos, el rendimiento de los cultivos y proteger el medio ambiente

Elaborar tecnologías de uso eficiente y efectivo de fangos de alcantarillado descontaminados como fertilizante orgánico para aumentar y sostener la fertilidad de los suelos y el rendimiento de los cultivos.

Mejoramiento de cultivos industriales nuevos y tradicionales mediante mutaciones inducidas y biotecnologías conexas

Elaborar enfoques para la obtención de nuevas especies por mutagénesis, así como procedimientos de selección que respondan a las necesidades agrícolas e industriales, inducir mutaciones que conduzcan a nuevas composiciones y/o calidades del producto, y diversificar las opciones de producción agrícola, facilitando mejores rotaciones de cultivos con arreglo a su sistema más sostenible.

MARZO DE 1995

Simposio sobre el empleo de isótopos en la gestión de recursos hídricos, **Viena, Austria** (20 al 24 de marzo)

ABRIL DE 1995

Seminario FAO/OIEA para África sobre tripanosomiasis en los animales: control del vector y de la enfermedad utilizando técnicas nucleares, **Tanzania** (3 a 7 de abril)

MAYO DE 1995

Seminario sobre gestión de reactores de investigación en vías de envejecimiento, **Hamburgo, Alemania** (8 a 12 de mayo)

Simposio sobre repercusiones ambientales de las liberaciones radiactivas, **Viena (Austria)** (8 a 12 de mayo)

JUNIO DE 1995

Simposio sobre el mejoramiento de cultivos, **Viena, Austria** (19 a 23 de junio)

AGOSTO DE 1995

Simposio sobre tomografía en medicina nuclear, situación actual y perspectivas para el futuro, **Viena, Austria** (21 a 25 de agosto)

Seminario sobre requisitos para la gestión segura de desechos radiactivos, **Viena, Austria** (28 de agosto a 1 de septiembre)

Seminario sobre adelantos alcanzados en la aplicación de las Nuevas Normas Básicas (experiencia en la aplicación de las recomendaciones de 1990 de la CIPR), **Viena, Austria** (fecha por fijar)

SEPTIEMBRE DE 1995

Conferencia internacional sobre adelantos alcanzados en la seguridad operacional de las centrales nucleares, **Viena, Austria** (4 a 8 de septiembre)

OCTUBRE DE 1995

Simposio Internacional sobre electricidad, salud y medio ambiente: Evaluación comparativa en apoyo de la adopción de decisiones, **Estocolmo (Suecia)** (23 a 27 de octubre)

NOVIEMBRE DE 1995

Seminario regional para Asia y el Pacífico sobre dosimetría de las radiaciones: Dosis de radiación en radioterapia de la dosis prescrita a la administrada, **Bangkok (Tailandia)** (27 y 28 de noviembre)

Información preliminar sujeta a cambios. Para obtener información más completa acerca de las reuniones del OIEA se ruega dirigirse a la Sección de Servicios de Conferencia del OIEA en la Sede del Organismo en Viena, o consultar la publicación trimestral del OIEA *Meetings on Atomic Energy* (véase la sección *Publicaciones* para información acerca de la manera de encargar las publicaciones). Para obtener más detalles sobre los programas coordinados de investigaciones del OIEA, dirigirse a la Sección de Administración de Contratos de Investigación en la Sede del OIEA. Los programas están encaminados a facilitar la cooperación a escala global en temas científicos y técnicos en diversas esferas, que van desde las aplicaciones de las radiaciones en la medicina, la agricultura y la industria hasta la tecnología nucleoelectrónica y la seguridad nuclear.





Publicado trimestralmente por la División de Información Pública del Organismo Internacional de Energía Atómica, Apartado de Correos 100, A-1400 Viena (Austria).

Tel. (43-1) 2360-1270
Facsimil (43-1) 2360-234564

DIRECTOR GENERAL: Dr. Hans Blix
DIRECTORES GENERALES ADJUNTOS:
Sr. David Waller, Sr. Bruno Pellaud,
Sr. Boris Semenov, Sr. Sueo Machi,
Sr. Jihui Qian
DIRECTOR DE LA DIVISION DE INFORMACION PUBLICA: Sr. David Kyd

REDACTOR-JEFE: Sr. Lothar H. Wedekind
AYUDANTES DE REDACCION:

Sr. Rodolfo Quevenco, Sra. Juanita Pérez,
Sra. Brenda Blann

COMPOSICION/DISEÑO:

Sra. Hannelore Wilczek

COLABORADORES DE LOS DEPARTAMENTOS:
Sra. S. Dallalah, Sra. L. Diebold, Sra. A. B. de
Reynaud, Sra. R. Spiegelberg

APOYO PARA LA PRODUCCION:

Sr. P. Witzig, Sr. R. Kelleher, Sr. I. Emge,
Sra. H. Bacher, Sra. A. Primes,
Sra. A. Diesner-Küpfer,
Sr. W. Kreutzer, Sr. G. Demal, Sr. A. Adler,
Sr. R. Luttenfeldner, Sr. F. Prochaska,
Sr. P. Patak, Sr. L. Nimetzi

Ediciones en diversos idiomas

APOYO PARA LA TRADUCCION: Sr. J. Rivals,
Sra. E. Fritz

EDICION EN FRANCES:

Sr. S. Drège, traducción; Sra. V. Laugier-
Yamashita, auxiliar de edición

EDICION EN ESPAÑOL: Equipo de Servicios
de Traductores e Intérpretes (ESTI), La
Habana (Cuba), traducción; Sr. L. Herrero,
edición

EDICION EN CHINO: Servicio de Traducciones
de la Corporación de la Industria de la Ener-
gía Nuclear de China, Beijing, traducción,
impresión, distribución.

*El Boletín del OIEA se distribuye gratuita-
mente a un número limitado de lectores
interesados en el OIEA y en la utilización de
la energía nuclear con fines pacíficos. Las
solicitudes por escrito deben dirigirse al
Redactor-jefe. Pueden citarse libremente
extractos de los textos del OIEA contenidos
en este Boletín del OIEA, siempre que se
mencione su origen. Cuando en un artículo
se indique que su autor no es funcionario del
OIEA, deberá solicitarse a ese autor o a la
organización a que pertenezca permiso para
la reimpresión del material, a menos que se
trate de reseñas.*

Las opiniones expresadas en los artícu-
los firmados o en los anuncios de este
Boletín no representan necesariamente
las del Organismo Internacional de Ener-
gía Atómica, que declina toda respon-
sabilidad por las mismas.

Publicidad

La correspondencia relativa a la publicidad
debe dirigirse a la División de Publicaciones
del OIEA, Dependencia de Promoción
y Venta de Publicaciones, Apartado de
Correos 100, A-1400, Viena (Austria).

1957	Viet Nam	1967	Sierra Leona
Afganistán	Yugoslavia	Singapur	Uganda
Albania	1958	1968	Liechtenstein
Alemania	Bélgica	1969	Malasia
Argentina	Camboya	Niger	Zambia
Australia	Ecuador	1970	Irlanda
Austria	Filipinas	1972	Bangladesh
Belarús	Finlandia	1973	Mongolia
Brazil	Irán, República Islámica del	1974	Mauricio
Bulgaria	Luxemburgo	1976	Emiratos Arabes Unidos
Canadá	México	Qatar	República Unida de Tanzania
Cuba	Sudán	1977	Nicaragua
Dinamarca	1959	1983	Namibia
Egipto	España	1984	China
El Salvador	Estados Unidos de América	1986	Zimbabwe
Etiopía	Etiopía	1991	Letonia
Federación Rusa	Federación Rusa	Lituania	1992
Francia	Francia	Croacia	Eslovenia
Grecia	Grecia	Estonia	1993
Guatemala	Guatemala	Armenia	República Checa
Haití	Haití	República Eslovaca	1994
Hungría	Hungría	Ex República Yugoslava	de Macedonia
India	India	Islas Marshall	
Indonesia	Indonesia	Kazajstán	
Islandia	Islandia	Uzbekistán	
Israel	Israel	Yemen	
Italia	Italia		
Japón	Japón		
Marruecos	Marruecos		
Mónaco	Mónaco		
Myanmar	Myanmar		
Noruega	Noruega		
Nueva Zelanda	Nueva Zelanda		
Paises Bajos	Paises Bajos		
Pakistán	Pakistán		
Paraguay	Paraguay		
Perú	Perú		
Polonia	Polonia		
Portugal	Portugal		
Reino Unido	Reino Unido		
de Gran Bretaña	de Gran Bretaña		
e Irlanda del Norte	e Irlanda del Norte		
República de Corea	República de Corea		
República Dominicana	República Dominicana		
Rumania	Rumania		
Santa Sede	Santa Sede		
Sri Lanka	Sri Lanka		
Sudáfrica	Sudáfrica		
Suecia	Suecia		
Sulza	Sulza		
Tailandia	Tailandia		
Túnez	Túnez		
Turquía	Turquía		
Ucrania	Ucrania		
Venezuela	Venezuela		

Para la entrada en vigor del Estatuto del OIEA se requería la ratificación de dieciocho Estados. Al 29 de julio de 1957, los Estados que figuran en negrilla habían ratificado el Estatuto.

El año indica el año de ingreso como Estado Miembro. Los nombres de los Estados no corresponden necesariamente a su designación histórica.

El ingreso de los países que figuran en cursivas ha sido aprobado por la Conferencia General del OIEA y entrará en vigor una vez depositados los instrumentos jurídicos pertinentes.



El Organismo Internacional de Energía Atómica, creado el 29 de julio de 1957, es una organización intergubernamental independiente dentro del sistema de las Naciones Unidas. El Organismo, que tiene su Sede en Viena (Austria), cuenta actualmente con más de 100 Estados Miembros que mancomunadamente sus esfuerzos para realizar los objetivos principales del Estatuto del OIEA: acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero, y asegurar en la medida que le sea posible que la asistencia que presta, o la que se preste a petición suya, o bajo su dirección o control, no sea utilizada de modo que contribuya a fines militares.

La sede del OIEA, en el Centro Internacional de Viena.

Until now, one of the biggest problems with reading personal exposure doses has been the size of the monitoring equipment. Which is precisely why we're introducing the Electronic Pocket Dosimeter (EPD) "MY DOSE mini™" PDM-Series.

These high-performance

dosimeters combine an easy-to-read digital display with a wide measuring range suiting a wide range of needs.

But the big news is how very small and lightweight they've become. Able to fit into any pocket and weighing just 50~90 grams,

the Aloka EPDs can go anywhere you go. Which may prove to be quite a sizable improvement, indeed.

SCIENCE AND HUMANITY

ALOKA

ALOKA CO., LTD.
6-22-1 Mure, Mitaka-shi, Tokyo 181, Japan
Telephone: (0422) 45-5111
Facsimile: (0422) 45-4058
Telex: 02822-344

To: 3rd Export Section
Overseas Marketing Dept.
Attn: N. Odaka

Model	Energy	Range	Application
PDM-101	60 keV ~	0.01 ~ 99.99 μ Sv	High sensitivity, photon
PDM-102	40 keV ~	1 ~ 9,999 μ Sv	General use, photon
PDM-173	40 keV ~	0.01 ~ 99.99 mSv	General use, photon
PDM-107	20 keV ~	1 ~ 9,999 μ Sv	Low energy, photon
PDM-303	thermal ~ fast	0.01 ~ 99.99 mSv	Neutron
ADM-102	40 keV ~	0.001 ~ 99.99 mSv	With vibration & sound alarm, photon



Safety, convenience and a variety of styles to choose from.



PDM-107



PDM-102



PDM-173



PDM-101



PDM-303



ADM-102