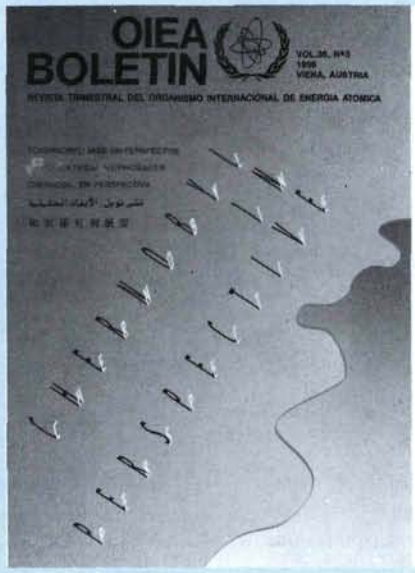


Portada: A poco más de diez años del trágico accidente mundial en la central nuclear de Chernobil, ¿cuánto hemos logrado conocer sobre sus consecuencias reales? Muchas son las respuestas desde el punto de vista científico y técnico, y abarcan numerosos aspectos y una diversidad de temas complejos. Afortunadamente, a medida que se disipan las persistentes incógnitas en torno al accidente, y se deshacen sus mitos, las perspectivas se hacen más visibles. Gracias a los esfuerzos mundiales se arroja más luz sobre los verdaderos efectos del accidente y las necesidades de sus víctimas. Si bien aún quedan aspectos por resolver, en la *Conferencia Internacional sobre* Chernobil, celebrada en Viena en abril de 1996, se estableció un marco realista para apoyar las decisiones - especialmente las que afectan a millones de hombres, mujeres y niños que viven en las ciudades, poblados y granjas que más necesitan asistencia.

(Diseño de portada: Hannelore Wilczek, OIEA; Stefan Brodek, Viena.)

Contraportada: Mujeres saludan a expertos del Proyecto Internacional de Chernobil de 1990, uno de los muchos estudios mundiales en que se han examinado los efectos posteriores a Chernobil en la sociedad, la salud y el medio ambiente en regiones de Belarús, Rusia y Ucrania.

(Cortesía: Mouchkin, Pavlicek/ OIEA.)

INDICE

Crónicas Chernobil — Diez años después
por Abel J. González / **2**

Una década después de Chernobil: Base de las decisiones
Aspectos destacados de la Conferencia Internacional sobre Chernobil y sus resultados / **14**

Informes especiales Perspectivas científicas después de Chernobil: Efectos sociales , sanitarios y ecológicos
Consecuencias para el medio ambiente, informe de Mona Dreicer y Rudolf Alexakhin / **24**

Efectos sociales y psicológicos, informe de Britt-Marie Drottz-Sjöberg, G.M. Rumyantseva, A.I. Nyagu y L.A. Ageeva / **27**

Efectos observados clínicamente, informe de Gerard Wagemaker, Angelina K. Guskova, Vladimir G. Bebeshko y Nina M. Griffiths / **29**

Efectos en el tiroides, informe de E.D. Williams, A. Pinchera, D. Becker, E.P. Demidchik, S. Nagataki y N. D. Tronko / **31**

Efectos en la salud, informe de Fred A. Mettler / **33**

Efectos a largo plazo en la salud, informe de E. Cardis, A.E. Okeanov, V.K. Ivanov, y A. Prisyazhniuk / **36**

Contramedidas agrícolas, informe de John I. Richards y Raymond J. Hance / **38**

Aspectos de seguridad nuclear, informe de Luis Lederman / **44**

Actualidades ***La cooperación técnica por dentro: La energía nuclear a favor del medio ambiente*** /**Inserción**

Secciones fijas Resumen internacional de noticias /Datos estadísticos / **48**

Posts announced by the IAEA (Anuncios de puestos del OIEA) / **56**

Publicaciones del OIEA / **58**

Autores y colaboradores del Boletín del OIEA, 1995 / **60**

Bases de datos en línea / **62**

Conferencias y seminarios del OIEA /Programas coordinados de investigación / **64**

ISSN 00534-7297

Chernobil — Diez años después

Expertos internacionales esclarecen los hechos sobre el accidente de 1986 y sus efectos

por Abel J. González

El 26 de abril de 1986, una explosión catastrófica en la Unidad 4 de la central nuclear de Chernobil en Ucrania —cerca del punto que señala su frontera con Belarús y la Federación de Rusia— liberó a la atmósfera una gran cantidad de material radiactivo. El suceso se convertiría en uno de los temas más prolongados y polémicos de la era tecnológica moderna. El accidente de Chernobil originó preocupaciones generalizadas respecto de sus consecuencias radiológicas, y concentró la atención en la seguridad nuclear en general. Las secuelas del accidente fueron surgiendo a la par del proceso de la *glasnost* y la *perestroika* en la antigua URSS y pronto se vincularon a muchos malentendidos y aprehensiones sobre las emisiones radiactivas y sus efectos reales o percibidos.

Al principio, hubo secreto y confusión en torno al accidente —descrito imparcialmente en el libro del profesor Leonid Ilyin titulado *Chernobyl: Myths and Reality*. La población de las zonas afectadas se enteró del suceso fundamentalmente por rumores y no por fuentes fidedignas. La primera evidencia del accidente fuera del territorio de la URSS se obtuvo a partir de mediciones realizadas en los países nórdicos que revelaron un inesperado aumento de la radiactividad ambiental. Esta falta inicial de transparencia influyó en la confianza del público y posteriormente sucedió lo mismo con el carácter desconcertante y a veces contradictorio de la información proporcionada. Las percepciones de la catástrofe variaron desde los que estimaban que el accidente había sido uno de los peores desastres ocurridos en el mundo hasta los que lo consideraban —dentro de las trágicas circunstancias— como un problema de salud relativamente limitado.

Al cabo de diez años, en abril de 1996, más de 800 expertos de 71 países y 20 organizaciones, con la cobertura de más de 200 periodistas, se reunieron para examinar las consecuencias reales del accidente, así como sus consecuencias futuras posibles y valorarlas en su justa dimensión. El encuentro tuvo lugar en la Conferencia Internacional titulada "*Una década después de Chernobil: Recapitulación de las consecuencias del accidente*", que se celebró en el Austria Center de Viena. La Conferencia sobre Chernobil fue un ejemplo de cooperación internacional: seis organizaciones del sistema de las Naciones Unidas, incluido el OIEA, y dos importantes organismos regionales participaron en su organización. (*Véanse los recuadros de las páginas 8 y 17.*)

En el período transcurrido entre el accidente de 1986 y esta Conferencia sobre Chernobil, el OIEA participó en una serie de esfuerzos científicos dirigidos a cuantificar las consecuencias reales. (*Véanse los recuadros de las páginas 5, 6, 7 y 8.*)

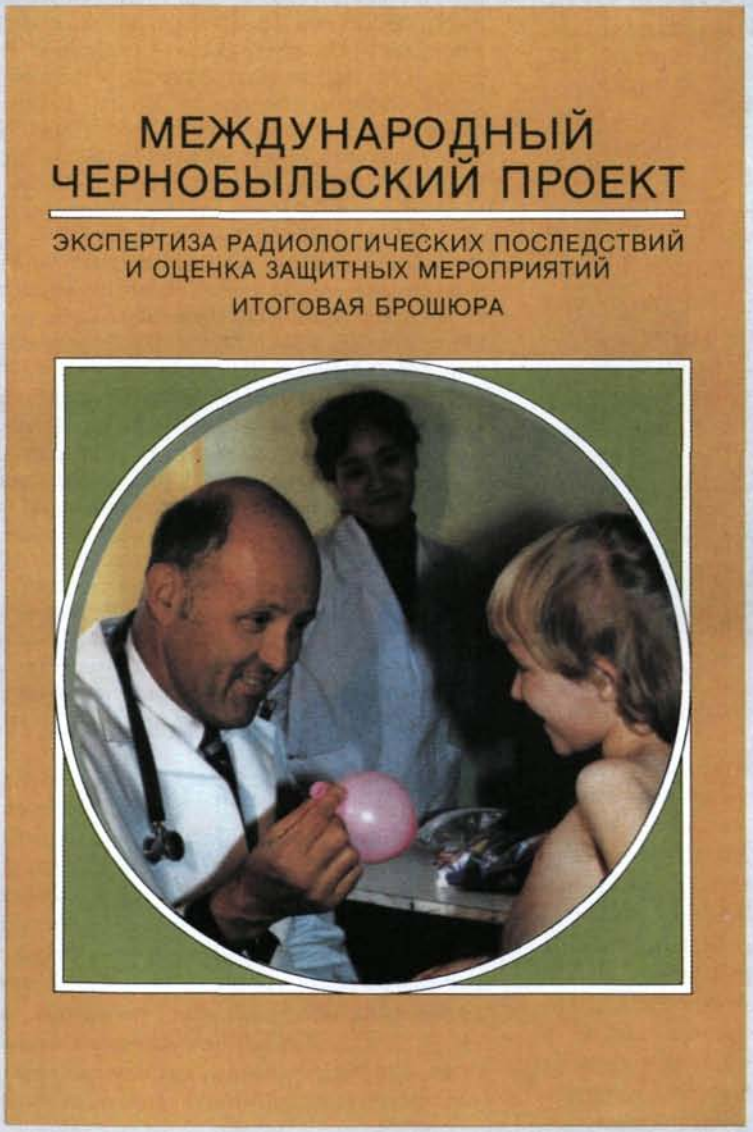
El objetivo de la Conferencia sobre Chernobil fue consolidar "un consenso internacional sobre las consecuencias del accidente, convenir en los datos científicos comprobados, y esclarecer la información y los pronósticos a fin de disipar la confusión". Sus resultados hablan por sí solos. (*Véase el artículo siguiente sobre los Aspectos más destacados de los resultados de la Conferencia sobre Chernobil.*) En este artículo se resumen algunos temas importantes que también se analizan por separado en informes contenidos en el presente número del *Boletín del OIEA*.

Precipitación radiactiva. Aunque incluso hoy no existe total consenso respecto de la cantidad de material radiactivo emitido por el accidente de Chernobil, las mejores estimaciones —que son del orden de 10^{19} unidades internacionales de actividad, denominadas *bequerelios*— ilustran el carácter catastrófico del accidente. Dos elementos químicos presentes en el penacho radiactivo formado por los materiales emitidos predominaron en las consecuencias radiológicas: el yodo y el cesio. Existe una serie de radisótopos del yodo fundamentalmente de período corto: uno significativo es el yodo 131, cuya actividad se reduce a la mitad cada ocho días. Los radisótopos del yodo fueron los causantes principales de la irradiación que recibió la glándula tiroides de las personas de las regiones aledañas poco después del accidente. De los cesios radiactivos, el más significativo es el cesio 137, nucleido de período largo cuya actividad se reduce a la mitad cada 30 años. El cesio 137 fue transportado por la atmósfera a grandes distancias, se depositó de manera variable sobre vastas zonas, principalmente de

El Sr. González es Director de la División de Seguridad Radiológica y de Desechos del Departamento de Seguridad Nuclear del OIEA.

Emisión de material radiactivo al medio ambiente

El reactor destruido emitió una gran cantidad de material radiactivo al medio ambiente: 10^{19} unidades internacionales de actividad, denominadas bequerelios. Aunque la descarga incluyó muchos elementos químicos radiactivos, sólo dos de ellos —el yodo (a corto plazo) y el cesio (a largo plazo)— resultaron particularmente significativos desde el punto de vista radiológico. En el accidente se liberaron unos 10^{18} bequerelios de yodo 131. La glándula tiroides de una persona absorbe el yodo principalmente después de la inhalación o el consumo de alimentos contaminados, como los productos lácteos; sus partículas beta de corto alcance irradian la glándula desde dentro. La incorporación del yodo por el tiroides es muy fácil de impedir, por ejemplo, prohibiendo el consumo de alimentos contaminados durante algunas semanas hasta que el yodo 131 se desintegre suficientemente o administrando pequeñas cantidades de yodo no radiactivo de manera profiláctica para bloquear la glándula tiroides.



Portada de la edición rusa de un folleto en que se describe el Proyecto Internacional de Chernobil, que se ejecutó en 1990 y 1991.

Se liberaron aproximadamente 10^{17} bequerelios de cesios radiactivos que se precipitaron sobre una vasta zona *(véase el mapa de la página 5)*. La exposición al cesio es difícil de impedir. Una vez que se deposita en el suelo, sus rayos gamma de largo alcance pueden someter a exposición a cualquier persona de la zona. La descontaminación de las superficies es una tarea difícil, y si la concentración de cesio es alta, a menudo la única contramedida factible es la evacuación de los habitantes. El cesio depositado en el suelo también puede desplazarse a los productos agrícolas y los animales pastantes.

En el caso del yodo 131, no se dispone de información precisa sobre el lugar a donde llegó la emisión, quiénes se expusieron a ella y a qué niveles, ni si se impidió eficazmente la incorporación del yodo. Las estimaciones indirectas mostraron indicios sólidos de que algunos grupos de la población recibieron dosis muy elevadas al tiroides. Los niños, particularmente sensibles debido a su ingestión normalmente alta de productos lácteos y su pequeño tiroides, recibieron dosis más altas. En 1990 el Proyecto Internacional de Chernobil *(véase el recuadro de la página 7)* había pronosticado que, con altas dosis, después de transcurridos algunos años aumentaría significativamente la incidencia del cáncer de tiroides, que de otro modo es relativamente infrecuente en los niños afectados.

Europa y —en menor grado, aunque mensurable— en otras partes de todo el hemisferio septentrional. El cesio depositado se convirtió en la causa principal de exposición corporal a las radiaciones a largo plazo. (*Véanse el recuadro supra y el mapa de la página 5.*)

Dosis de radiación. Era de esperar que la emisión de material radiactivo tuviera consecuencias directas graves para las personas y los ecosistemas en el emplazamiento de la central de Chernobil y sus alrededores. Existe una correlación entre los daños radioinducidos y la dosis de radiación recibida por las personas y la biota. La *dosis* es una magnitud relacionada con la cantidad de energía de la radiación absorbida por la masa de materia biológica. La dosis recibida por las personas se expresa en *sievert* y, casi siempre, en el submúltiplo *milisievert* —un milisievert es una

Efectos directos de la radiación en el medio ambiente natural

En las primeras semanas que siguieron al accidente, las dosis llegaron a ser mortales en la biota local, especialmente para las coníferas y los campañoles (pequeños roedores), en un área de pocos kilómetros aledaña al reactor. En el otoño de 1986, las tasas de dosis se habían reducido en un factor de 100, y en 1989, los ecosistemas de esas localidades habían comenzado a recuperarse. No se han observado efectos graves prolongados en las poblaciones animales o los ecosistemas. Están por estudiar los posibles efectos genéticos a largo plazo y su importancia.

milésima de sievert (a los fines de comparación, las personas reciben como promedio una dosis anual de radiación natural de fondo de 2,4 milisievert). Muchos de los trabajadores de la central y muchas personas que ayudaron a afrontar los efectos del accidente —los llamados *"liquidadores"*— recibieron dosis elevadas, algunas de miles de milisievert y sufrieron el síndrome clínico de radiación. Veintiocho personas murieron a causa de sus radiolesiones. Más de 100 000 personas que fueron evacuadas de las zonas contaminadas, y las que siguieron viviendo en las regiones menos afectadas, recibieron, o corren el riesgo de recibir, dosis corporales relativamente bajas: a lo largo de toda su vida, éstas serán comparables o inferiores a las dosis que recibirían durante toda la vida de las fuentes naturales de radiación. (*Véase el recuadro de la página 11.*) Las dosis de radiación a la glándula tiroides —particularmente la de los niños— fueron una notable excepción y se supone que hayan sido muy elevadas. Otra excepción fueron las dosis en los ecosistemas locales.

Daños al medio ambiente. Las dosis de radiación llegaron a ser mortales en algunos ecosistemas locales radiosensibles, especialmente para las coníferas y los campañoles, a pocos kilómetros del accidente. Las dosis se redujeron considerablemente a los pocos meses y, a la larga, los ecosistemas se recuperaron. Hasta ahora no se han observado efectos graves prolongados en el medio ambiente. (*Véase el recuadro a la izquierda.*) En un informe de M. Dreicer y R. Alexakhin se abordan más detalladamente las consecuencias del accidente para el medio ambiente. (*Página 24.*)

Un subproducto de la contaminación ambiental fue la contaminación de los alimentos producidos en las zonas afectadas. Si bien durante algún tiempo después del accidente los alimentos básicos mostraron niveles de actividad superiores a los niveles máximos admisibles fijados por el Codex Alimentarius*, ninguno de los alimentos que se producen ahora en las granjas colectivas sobrepasa esos niveles. Excepcionalmente, los productos alimenticios de origen silvestre —como setas, bayas y animales de caza— provenientes de los bosques de las zonas más afectadas, así como peces de algunos lagos europeos, siguen mostrando niveles superiores a los del Codex. Las contramedidas agrícolas aplicadas en las zonas afectadas constituyeron un aspecto importante del control de la contaminación del habitat humano. En un informe conexo de J. Richards y R. Hance se examinan dichas contramedidas. (*Página 38.*)

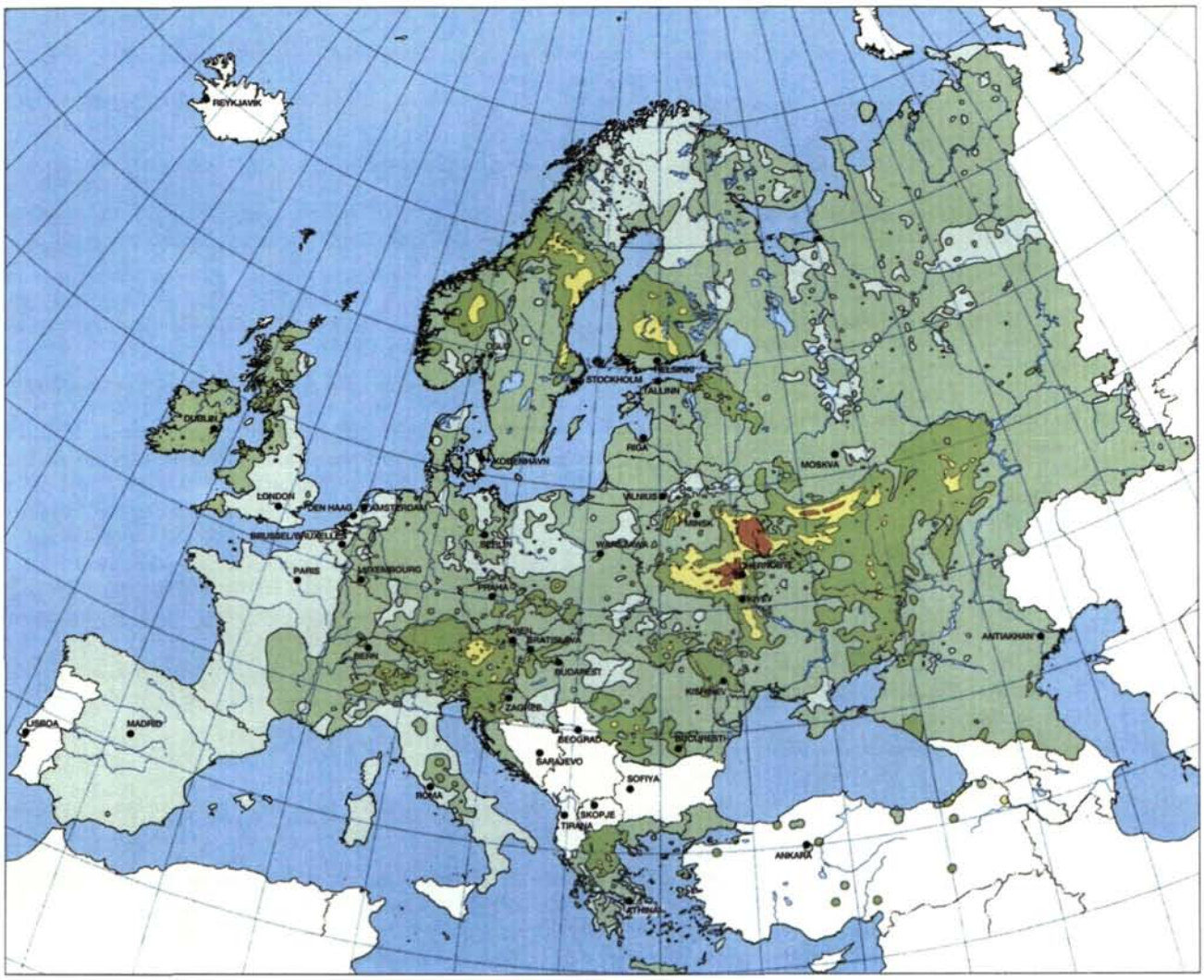
Efectos en la salud. Los efectos en la salud que se atribuyen al accidente han acaparado el mayor interés del público, los encargados de adoptar decisiones y las autoridades políticas, y la Conferencia sobre Chernobil dedicó mucho tiempo a este tema. Tras amplios estudios epidemiológicos estadísticos en grandes poblaciones, los efectos clínicos observados (y atribuibles individualmente) se analizaron aparte de los *efectos a largo plazo* que sólo pueden atribuirse a la radiación**. (*Véase el recuadro de la página 10.*) Entre estos últimos, los efectos en el tiroides se consideran como un caso especial que fue tratado con independencia de otros *efectos en la salud a más largo plazo*.

Efectos clínicos observados. El número de personas en las que se observaron efectos clínicos en la salud atribuibles individualmente a la exposición a las radiaciones debidas al accidente de Chernobil fue relativamente pequeño, dadas las proporciones del accidente. Se sospechó que un total de 237 personas, todas trabajadoras que hicieron frente al accidente, padecían síndromes clínicos de exposición a las radiaciones y fueron hospitalizadas, y se diagnosticó que 134 de ellas tenían el *síndrome de radiación agudo*. De éstas, 28 murieron a consecuencia de radiolesiones (otras tres personas murieron en el momento del acci-

(continúa en la página 9)

* El Codex Alimentarius —establecido por la FAO y la OMS— fija el nivel máximo admisible de radiactividad para los alimentos que son objeto de comercio internacional.

** Véase "Los efectos biológicos de las dosis bajas de radiación ionizante: Una visión más completa", por el autor en el Vol. 36, No. 4 (diciembre de 1994) del Boletín del OIEA.



Projection: Lambert Azimuthal

© EC/IGCE, Roshydromet/Minchernobyl (UA)/Belhydromet, 1996

Depósito total de cesio 137
normalizado al 10 de mayo de 1986.

2 10 40 185 1480 kBq/m²
0.054 0.27 1.08 5 40 Ku/km²

Datos no disponibles

Versión preliminar del mapa del depósito total de cesio 137 tomado del "Atlas del depósito de cesio en Europa después del accidente de Chernobil", Informe de la División de Europa Central 16733, Oficina de publicaciones de la CE, Luxemburgo, 1996.

Depósito acumulativo de cesio a través de Europa

Los materiales radiactivos emitidos por el accidente de Chernobil se precipitaron sobre extensas zonas y la actividad depositada pudo medirse fácilmente. Los depósitos se representaron en los llamados mapas "de contaminación", como este presentado en la Conferencia, que muestra el depósito acumulativo de cesio a través de Europa. Según la comunidad científica los mapas proporcionaron claramente una noción gráfica de la actividad mensurable. No obstante, en opinión del público en general, los mapas mostraron zonas consideradas "contaminadas" y, por tanto, "no seguras". Los científicos lograron representar en los mapas niveles muy bajos de actividad y distancias muy grandes utilizando sensibles dispositivos de medición de las radiaciones. En los mapas de la antigua URSS se mostraron niveles despreciables que se presentaron como "contaminación". Cuando se publicaron los mapas —varios años después del accidente— las personas se preocuparon aunque las dosis de radiación debidas a dichos depósitos en muchos de los miles de kilómetros cuadrados así "contaminados" eran más bajas que los niveles de la radiación natural de fondo registrados en muchas partes del mundo.

Evaluación de las consecuencias de Chernobil

Durante el pasado decenio, muchas actividades internacionales contribuyeron a evaluar las consecuencias del accidente de Chernobil. Estas actividades pueden dividirse en dos períodos: las desarrolladas antes del Proyecto Internacional de Chernobil de 1990, que proporcionó una información más completa del accidente, y las que dan seguimiento al Proyecto hasta el momento de la celebración de la Conferencia Internacional sobre Chernobil en abril de 1996.

1986 - 1989: Primeros estudios - Análisis posteriores

Agosto de 1986: Reunión de examen a posteriori del accidente de Chernobil. Pocos meses después del accidente, el OIEA organizó una reunión internacional muy concurrida: la "Reunión de examen a posteriori del accidente de Chernobil". El entonces recién creado Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear, INSAG, informó sobre los resultados de la reunión.[1]

En el informe del INSAG se examinaron las causas del accidente y se presentó la evaluación preliminar soviética de la cantidad de materiales radiactivos emitidos por el reactor dañado. También contenía una primera explicación limitada aunque significativa de las consecuencias radiológicas:

- *Del personal del emplazamiento hubo que hospitalizar a unas 300 personas por lesiones y quemaduras radioinducidas.*
- *135 000 personas fueron evacuadas: su dosis colectiva de radiación externa se estimó en 1,6 X 10^4 sievert•hombre (Sv•hombre).*
- *Las dosis al tiroides se estimaron en su mayoría por debajo de 300 milisievert (mSv), aunque algunos niños pueden haber recibido dosis al tiroides de hasta 2500 mSv.*
- *Según estimaciones pesimistas, la dosis colectiva a largo plazo para la población fue de 2 X 10^6 Sv•hombre, frente a una estimación realista de 2 X 10^5 Sv•hombre.*

También se hicieron algunos cálculos sobre los posibles efectos a largo plazo en la salud y se consideraron limitadas las posibilidades de detección epidemiológica: *sólo en las cohortes con dosis muy elevadas posiblemente se podrían determinar algunos efectos, por ejemplo, neoplasias tiroideas benignas y malignas.*

Mayo de 1988: La Conferencia de Kiev. Dos años más tarde, la comunidad científica internacional tuvo la segunda oportunidad de examinar las consecuencias radiológicas durante la Conferencia científica internacional sobre los aspectos médicos del accidente en la central nuclear de Chernobil, celebrada en Kiev en mayo de 1988 por las autoridades soviéticas en cooperación con el OIEA. (El Organismo publicó una versión no revisada, de distribución gratuita, de las actas de la Conferencia, así como un informe que resume la información.)[2]

La información presentada a la Conferencia abarcó diversos temas:

- *Se informó con exactitud del número real de radiolesiones diagnosticadas clínicamente: 238 personas expuestas ocupacionalmente habían declarado signos de enfermedades asociadas a síndromes radiológicos (posteriormente, el número con diagnóstico positivo fue inferior); de ellas, 28 habían fallecido. Otras dos murieron a consecuencia de la explosión del reactor (otra de trombosis coronaria).*
- *Las emisiones de materiales radiactivos produjeron una amplia contaminación de la superficie con lugares que llegaron a alcanzar hasta 30 X 10^5 Bq/m^2 (80 Ci/km^2) y la contaminación de la leche con una actividad específica de hasta 20 000 Bq/L.*
- *El compromiso de dosis colectiva dentro del territorio de la antigua URSS se estimó en 226 000 Sv•hombre, del cual el 30% fue comprometido en el primer año, con dosis corporales de hasta 50 mSv en el primer año.*
- *Se confirmó que las dosis al tiroides eran de hasta 2500 mSv.*

Diciembre de 1988: Evaluación global por el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR). El Comité realizó una evaluación exhaustiva de las consecuencias fuera del territorio de la URSS. En su informe de 1988 a la Asamblea General de las Naciones Unidas, el UNSCEAR estimó que:

- *La dosis media nacional más elevada durante el primer año fue de 0,7 mSv (o una tercera parte de la exposición global media a la radiación natural de fondo).*
- *El compromiso de dosis total medio regional más alto fue de 1,2 mSv (o 1/30 de la dosis media para toda la vida procedente de fuentes naturales).*
- *El efecto global total del accidente de Chernobil fue de 600 000 Sv•hombre, que equivale como promedio a 21 días adicionales de exposición mundial a la radiación natural de fondo.*

Mayo de 1989: La magnitud de las consecuencias cristaliza —La "Reunión especial" del OIEA. Tres años despúes del accidente, los científicos obtuvieron una visión más completa de la magnitud de las consecuencias del accidente en una reunión especial oficiosa que fue organizada por la Secretaría del OIEA en mayo de 1989 en ocasión de celebrarse el 38° período de sesiones del UNSCEAR. A la reunión asistieron más de 100 científicos de 20 países y sus resultados se comunicaron en un ulterior simposio sobre las operaciones de recuperación después de accidentes[3]. La información proporcionada por los expertos soviéticos que asistieron a la reunión brindó una explicación más detallada de la situación a largo plazo:

- *Los mapas de contaminación de los territorios afectados, sometidos al examen internacional, mostraron 10 000 km^2 de territorios con contaminación radiactiva con valores superiores a 5,5 X 10^5 Bq/m^2 (15 Ci/km^2).*
- *786 asentamientos con 272 800 personas se encontraban dentro de las "zonas de control estricto" donde —hasta enero de 1990— se previó que recibieran una dosis colectiva de 13 900 Sv•hombre, y que algunos miembros del público recibieran dosis superiores a 170 mSv.*
- *La comunidad internacional fue informada del criterio de intervención establecido por las autoridades soviéticas para las contramedidas y medidas de protección, criterio que a la larga, resultaría muy polémico: 350 mSv de dosis para toda la vida.*

continúa en las dos páginas siguientes

1990-1991: Una visión más completa — El Proyecto Internacional de Chernobil

Marzo de 1990 - mayo de 1991: Evaluaciones de expertos en el emplazamiento — Aparecen más datos. En octubre de 1989, la URSS pidió oficialmente al OIEA que coordinara una "evaluación a cargo de expertos internacionales" del concepto que la Unión Soviética había elaborado a fin de permitir que la población pudiera vivir en condiciones de seguridad en las zonas afectadas por la contaminación radiactiva derivada del accidente de Chernobil, y una evaluación de la eficacia de las medidas adoptadas en esas esferas para salvaguardar la salud de la población.

Como resultado de ello, a principios de 1990, se inició *el Proyecto Internacional de Chernobil (PIC)*[4], cuya labor se centró en cuatro cuestiones fundamentales que inquietaban a la población y los formuladores de política: la magnitud de la contaminación existente en las zonas habitadas; la exposición a las radiaciones prevista para la población; los efectos actuales y potenciales en la salud; y la idoneidad de las medidas que se adoptaban en el momento del Proyecto para proteger a la población. El 22 de marzo de 1991, el Comité Asesor Internacional del PIC aprobó las conclusiones y recomendaciones, que se sometieron al examen de una conferencia internacional celebrada en Viena del 21 al 24 de mayo de 1991. El OIEA las publicó y pueden resumirse de la siguiente forma:

- *En términos generales se corroboraron los niveles de contaminación de superficie comunicados en los mapas "de contaminación" disponibles en ese momento: se definieron 25 000 km^2 como zonas afectadas con niveles de concentración de cesio 137 sobre el suelo superiores a 1,85 X 10^5 Bq/m^2 (5 Ci/km^2); de ese total, unos 14 600 km^2 están situados en Belarús, 8 100 km^2 en Rusia y 2 100 km^2 en Ucrania.*
- *Las dosis de radiación corporal que se recibirían durante toda la vida se estimaron por debajo de 160 mSv o con valores dos a tres veces más bajos que los calculados originalmente; sin embargo, no se pudo corroborar el nivel de dosis al tiroides que realmente se recibió.*
- *Se observaron en la población importantes trastornos de la salud y psicológicos no relacionados con la radiación, como el estrés y la ansiedad, aunque —fuera del grupo de trabajadores más expuestos— no se detectaron trastornos de salud que pudieran atribuirse directamente a la exposición a las radiaciones. Como se previó, en el momento del Proyecto, no se pudo corroborar ningún aumento de la incidencia de la leucemia o cáncer y se previó que sería difícil percibir futuros aumentos potenciales de tumores malignos distintos del cáncer de tiroides.*
- *A las conclusiones generales sobre la situación sanitaria siguieron varias conclusiones detalladas. Algunas se referían a los neoplasmas, en particular al aumento de los casos de cáncer comunicados en ese momento y a su posible aumento en el futuro, de la siguiente manera:*
  - *Los datos soviéticos indicaban que la incidencia del cáncer comunicada había venido aumentando en el último decenio y había seguido aumentando a la misma tasa después del accidente. Sin embargo, el Proyecto consideró que en el pasado la comunicación de datos no había sido completa y no pudo determinar si el aumento se debía a una mayor incidencia, a diferencias metodológicas, a una mejor detección y diagnóstico, o a otras causas.*
  - *Sobre la base de las dosis estimadas por el Proyecto y de las estimaciones del riesgo radiológico actualmente aceptadas, sería difícil discernir los aumentos futuros de la incidencia natural del cáncer y los efectos hereditarios, incluso con estudios epidemiológicos a largo plazo amplios y bien concebidos; sin embargo, las estimaciones de dosis absorbida al tiroides en niños que se comunicaron fueron tales, que se previó que podría producirse un aumento susceptible de ser detectado estadísticamente de la incidencia de tumores tiroideos en el futuro.*
- *Se observó que las medidas de protección que se adoptaban en el momento del Proyecto o que se planificaban a largo plazo, como algunos realojamientos y las restricciones respecto de los productos alimenticios, excedían de lo que hubiera sido necesario desde el punto de vista de la protección radiológica.*

El PIC también recomendó una serie de medidas complementarias, incluida la continuación de las evaluaciones epidemiológicas y el fomento de la atención médica, haciendo hincapié en las cohortes de "*poblaciones de alto riesgo seleccionadas*".

Notas de las páginas 6 y 7:

[1] Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear, Informe resumido sobre la Reunión de examen a posteriori del accidente de Chernobil, Colección Seguridad No. 75-INSAG-1, OIEA, Viena (1986).

[2] Véanse *Proceedings of the All-Union Conference on the Medical Aspects of the Chernobyl Accident*, IAEA-TECDOC 516; y Konstantinov, L. V., González, A. J., "The Radiological Consequences of the Chernobyl Accident", *Nuclear Safety*, Vol. 30. No. 1 (enero-marzo de 1989).

[3] González, A.J.; "Recovery operations after the Chernobyl Accident: The intervention criteria of the USSR's National Commission on Radiation Protection", en *Proceedings of International Symposium on Recovery Operations in the Event of a Nuclear Accident or Radiological Emergency*, IAEA-SM-316/57, página 313.

[4] El PIC fue auspiciado por la Comisión Europea, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la Organización Internacional del Trabajo, la Organización Mundial de la Salud, la Organización Meteorológica Mundial, el OIEA y el UNSCEAR. Se estableció un "Comité Asesor Internacional" independiente de 19 miembros presidido por el Dr. Itsuzo Shigematsu, Director de la Fundación para la Investigación de los Efectos de las Radiaciones en Hiroshima, que desde 1950 se ha encargado de vigilar y analizar la salud de los sobrevivientes de la bomba atómica en el Japón, la población más grande expuesta a altas dosis de radiación. El resto de los científicos miembros del Comité procedían de 10 países y cinco organizaciones internacionales. Sus especialidades incluían, entre otras disciplinas, la medicina, la radiopatología, la protección radiológica, la radioepidemiología y la psicología. La fase más activa del proyecto transcurrió desde mayo de 1990 hasta finales de ese mismo año. Participaron unos 200 expertos de 23 países y siete organizaciones internacionales, y 50 misiones científicas visitaron la URSS. Laboratorios de varios países, incluidos Austria, Francia y los Estados Unidos, contribuyeron a analizar y evaluar el material reunido.

1991-1996: Estudios cooperativos complementarios — Hacia perspectivas más claras

Después del Proyecto Internacional de Chernobil se adoptaron muchas iniciativas internacionales, incluidas las que se destacan a continuación:

Iniciativas complementarias del OIEA. La FAO y el OIEA[5] auspiciaron un proyecto de contramedidas agrícolas y el OIEA organizó una nueva evaluación ambiental que recibió el apoyo del Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN, Francia)[6].

Programa Internacional de la OMS sobre los Efectos del Accidente de Chernobil en la Salud (PIEACS). Los resultados del Proyecto PIEACS se publicaron y examinaron recientemente en la Conferencia Internacional de la OMS sobre las consecuencias del accidente de Chernobil y de otros accidentes radiológicos en la salud, que se celebró en Ginebra del 20 al 23 de noviembre de 1995. En general, el PIEACS corroboró las conclusiones del PIC y proporcionó información adicional sobre el aumento de la incidencia del cáncer de tiroides infantil previsto por el PIC.

Las conclusiones del PIEACS pueden resumirse de la manera siguiente:

- *Los efectos psicosociales, que se consideraron no relacionados con la exposición a las radiaciones, fueron resultado de la falta de información inmediatamente después del accidente, el estrés y el trauma debidos al realojamiento obligatorio en zonas menos contaminadas, la ruptura de las relaciones sociales y el temor de que la exposición a las radiaciones pudiera ocasionar daños para la salud en el futuro.*
- *Se comunicó un marcado aumento del cáncer de tiroides, especialmente entre los niños que vivían en las zonas afectadas. A finales de 1994, se diagnosticó que 565 niños comprendidos en las edades de 0 a 14 años padecían cáncer de tiroides (333 en Belarús, 24 en la Federación de Rusia y 208 en Ucrania).*
- *No se registró ningún aumento significativo de la incidencia de la leucemia u otros trastornos en la sangre.*
- *Se hallaron algunas pruebas que sugerían retraso del desarrollo mental y desviaciones en las reacciones de la conducta y emocionales en un reducido grupo de niños expuestos a la irradiación in utero; sin embargo, no se puede determinar el grado en que las radiaciones pudieran haber contribuido a esos cambios mentales por no disponerse de datos de dosimetría individuales.*
- *Los tipos y la distribución de las enfermedades bucales observadas en los residentes de las zonas "contaminadas" eran semejantes a los de los residentes de las zonas "no contaminadas".*

Proyectos apoyados por la Comisión Europea (CE). La CE apoyó muchos proyectos de investigación científica sobre las consecuencias de Chernobil. Los resultados se resumieron en la Primera Conferencia Internacional de la Unión Europea, Belarús, la Federación de Rusia y Ucrania sobre las consecuencias del accidente de Chernobil, celebrada en Minsk del 18 al 22 de marzo de 1996. Los proyectos generaron información valiosa que puede utilizarse en la planificación futura para casos de emergencia, la evaluación de la dosis y el saneamiento ambiental, así como en el tratamiento de personas con altos niveles de exposición y en los exámenes médicos masivos para detectar el cáncer de tiroides infantil.

Otras iniciativas. Entre éstas se incluyen varios estudios apoyados por la UNESCO, fundamentalmente sobre las consecuencias psicológicas; informes especiales del UNSCEAR y de la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE; y estudios individuales en los Estados afectados y en otros países, como por ejemplo, una vigilancia exhaustiva de las personas afectadas llevada a cabo por Alemania, un amplio estudio auspiciado por la Fundación Sasakawa del Japón, un importante proyecto de los Estados Unidos y una amplia evaluación realizada en Cuba sobre la incorporación de cesio 137, la cual incluyó a cerca de 15 000 niños.

Abril de 1996: La Conferencia Internacional "Una década después de Chernobil: Recapitulación de las consecuencias del accidente". Las principales organizaciones que participaron en la evaluación de las consecuencias del accidente de Chernobil, a saber, el OIEA, la OMS y la CE aunaron sus esfuerzos para copatrocinar la reciente Conferencia sobre Chenobil. Organizaron la actividad en cooperación con las propias Naciones Unidas (por conducto de su Departamento de Asuntos Humanitarios), la UNESCO, el UNSCEAR, la FAO y la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE. Asistieron a la Conferencia 845 científicos procedentes de 71 países y 20 organizaciones, e informaron sobre ella 280 periodistas. La Ministra Federal del Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de Alemania presidió la Conferencia, a la que asistieron funcionarios de alto nivel y miembros de gobiernos, incluidos el Presidente de Belarús, el Primer Ministro de Ucrania y el Ministro de Defensa Civil, Emergencias y Eliminación de las Consecuencias de Desastres Naturales de la Federación de Rusia, así como la Ministra del Medio Ambiente de Francia. Tres informes nacionales, cuatro discursos de organizaciones intergubernamentales, 11 intervenciones inaugurales, ocho ducumentos informativos, 181 detalladas memorias en cartel y 12 objetos mostrados en la exposición técnica sirvieron de base para esta recapitulación de las consecuencias del accidente de Chernobil.

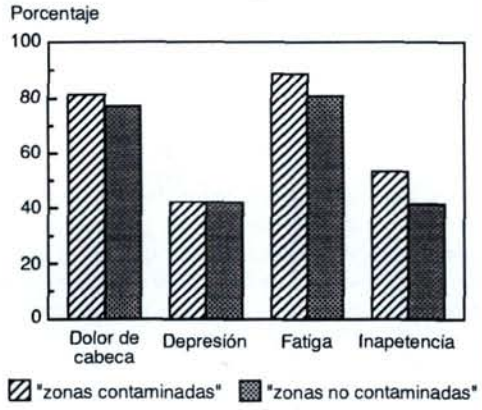
---

[5] El "Proyecto Azul de Prusia (AP)" estuvo destinado a reducir la contaminación de la leche y la carne mediante una técnica que utiliza el compuesto químico AP en los alimentos de los rumiantes. La mayor parte de los fondos fueron aportados por el OIEA y Noruega, cuyos especialistas crearon la técnica. Con el tiempo, este proyecto demostraría ser el más económico de todos los proyectos complementarios posteriores al PIC. Con una inversión anual de 50 000 dólares de los Estados Unidos, Belarús evitó pérdidas anuales por un valor de 30 millones de dólares de los Estados Unidos en su producción de leche y carne.

[6] En respuesta a una solicitud concreta de Belarús en la Conferencia General del OIEA de 1994, el Organismo se incorporó a un proyecto principalmente dirigido al medio ambiente sobre las "perspectivas de la zona contaminada". Casi todo el proyecto ha sido financiado por el IPSN, que participó activamente en su ejecución técnica junto con científicos de las regiones afectadas. Se llegó a algunas conclusiones que trascienden las conclusiones generales del PIC y abarcan el medio ambiente en general. En cuanto a la biocenosis forestal —sistema ambiental que según informes fue el más afectado por el accidente de Chernobil— el proyecto determinó que la contaminación radiactiva no se produjo en gran escala y dañó principalmente a los pinares: la muerte de las plantaciones de pinos, aunque grave en las inmediaciones de la central, significó menos del 0,5% de la región boscosa de la zona prohibida.

Síntomas no relacionados con la radiación

Una encuesta demográfica sobre los síntomas no relacionados con la radiación se llevó a cabo en zonas directamente afectadas por el accidente (las llamadas "zonas contaminadas") y zonas de control en las regiones "no contaminadas". Los resultados presentados en la Conferencia Internacional muestran, por una parte, una incidencia sorprendentemente alta de estos síntomas y, por la otra, que dicha incidencia no está claramente relacionada con el hecho de si esas personas viven en zonas "contaminadas" o "no contaminadas". Estos efectos podrían atribuirse al propio accidente o a las dificultades económicas y los desequilibrios sociales en la región.



dente: dos a causa de lesiones producidas por la explosión no relacionadas con las radiaciones y una por trombosis coronaria). *(Véase el gráfico de la página 10.)* Unos años después del accidente, murieron otras 14 personas de este grupo; sin embargo, se determinó que sus muertes no eran necesariamente atribuibles a la exposición a las radiaciones. En este número aparece un informe del Dr. G. Wagemaker y col. en el que se ofrecen más detalles sobre los efectos clínicos observados. *(Página 29.)*

Efectos en el tiroides. En lo que respecta a los efectos en el tiroides, la situación es grave. Hasta finales de 1995, se habían notificado más de 800 casos de cáncer de tiroides en niños, principalmente de Belarús. *(Véase el gráfico de la página 10.)* Si bien el cáncer de tiroides puede ser inducido por causas distintas de la radiación, parece probable que todos estos casos estén asociados a la exposición a las radiaciones debidas al accidente. Ellos representan un aumento drástico de la incidencia normal de este raro tipo de cáncer y el aumento parece no persistir en niños nacidos después de 1986. Generalmente, el cáncer de tiroides no es mortal si se dispone de diagnóstico, tratamiento y atención precoces. Cuando se celebró la Conferencia sobre Chernobil, ya habían muerto tres de los niños afectados. No se pueden hacer pronósticos exactos: se prevé que esta alta incidencia continúe durante algún tiempo y el número de casos que se notifiquen se cuente en miles; la mortalidad dependerá en gran medida de la calidad e intensidad del tratamiento que reciban los niños afectados. En otro informe, el profesor E.D. Williams y col. examinaron los efectos en el tiroides. *(Página 31.)*

Efectos sociales, económicos, institucionales y políticos

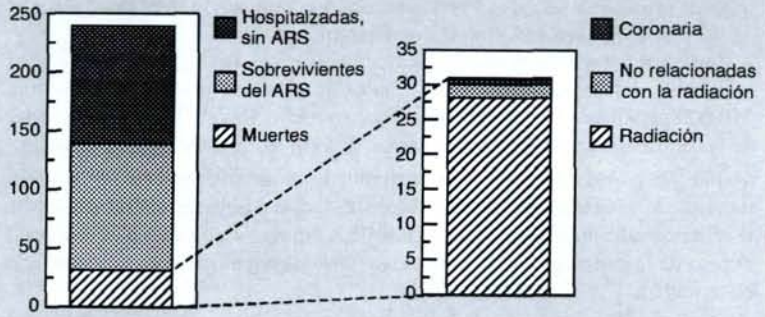
Funcionarios de alto nivel de Belarús, Federación de Rusia y Ucrania prepararon un documento informativo sobre los efectos socioeconómicos, institucionales y políticos de Chernobil, el cual fue examinado durante la Conferencia Internacional*. Las diversas contramedidas tomadas por las autoridades, algunas de ellas dirigidas a abordar los riesgos de irradiación, crearon muchos problemas sociales y económicos. A continuación se ofrecen algunos de los problemas señalados en el documento:

- Inmediatamente después del accidente fue preciso evacuar a 116 000 personas. Además, entre 1990 y finales de 1995, se realojaron casi otras 210 000 personas. Se construyó un nuevo pueblo, Slavutich, para el personal de la central de Chernobil en sustitución de Pripyat, que hubo que evacuarlo.
- Fue necesario descontaminar comunidades enteras y realizar importantes trabajos de infraestructura, como redes de abastecimiento de agua y gas y sistemas de alcantarillado. La pérdida de la Unidad 4 de Chernobil junto con el paro de la construcción de nuevos reactores obstaculizaron el suministro de electricidad.
- Se produjo una importante alteración de la vida normal y la actividad económica en las zonas afectadas. En particular, la producción agropecuaria y la silvicultura se vieron seriamente afectadas, lo que ocasionó grandes pérdidas de producción. Se indemnizó a empresas agrícolas, cooperativas y la población en general por concepto de pérdidas de cultivos, animales y bienes. Además, diferentes sectores de la población recibieron pagos monetarios —por ejemplo, para adquirir alimentos importados que sustituyeran los de producción nacional.
- Las medidas de control limitaron las actividades industriales y comerciales. Resultó difícil vender o exportar productos, lo que motivó una disminución de los ingresos locales. Asimismo, la percepción de una vida "insegura" en las zonas afectadas y de la no disponibilidad de productos "limpios" han limitado la inversión industrial y comercial.
- Las restricciones a las actividades habituales hicieron que la vida cotidiana resultara difícil e insegura. En la población aumentó la ansiedad, la angustia, las actitudes fatalistas y una especie de mentalidad de "víctima" que aún prevalecen en las zonas afectadas.
- Los importantes cambios demográficos en la región debidos a la emigración —especialmente entre los jóvenes— y la subsiguiente alteración de la tasa de natalidad han provocado la escasez de profesionales y trabajadores jóvenes calificados.
- Después del accidente, en los países afectados comenzó el proceso de transformación de la economía de planificación centralizada a la economía de mercado. Esta difícil transformación se complicó debido a la necesidad de hacer frente a las consecuencias del accidente.

* Rolevich, I.V., Kenik, I.A., Babosov, E.M., Lych, G.M., Voznyak, U.V., Kholosha, V.I., Koval'skij N.G., Babich, A.A.. Documento informativo N° 6 sobre los Efectos sociales, económicos e institucionales, en las Actas de la Conferencia sobre Chernobil que el OIEA está preparando para su publicación.

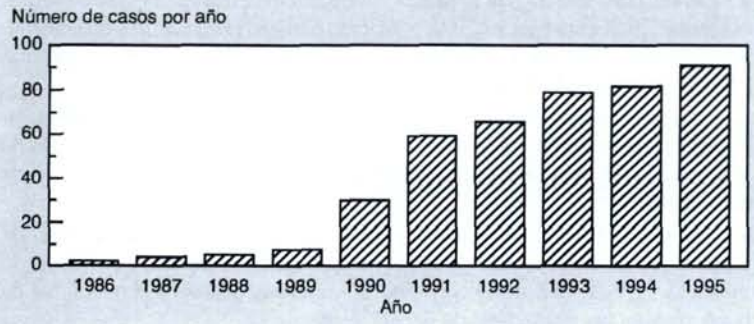
Efectos clínicos observados entre los liquidadores

En la figura se muestra el número total de personas hospitalizadas después del accidente, entre ellas, las que se han diagnosticado clínicamente con el síndrome de radiación agudo (ARS) y las que murieron ya sea por causas relacionadas con las radiaciones o por causas de otra índole.



Número de casos de cáncer de tiroides infantil en Belarús

El aumento de la incidencia del cáncer de tiroides en los niños ha sido notable. En el gráfico se muestra el número de casos de niños en Belarús que tenían menos de 15 años en el momento del tratamiento. El total de casos notificados hasta ahora asciende a 800. Se prevé que esta alta incidencia se mantenga durante algún tiempo y el total de casos adicionales notificados probablemente sea del orden de los miles.



Efectos en la salud atribuibles a la exposición a las radiaciones

Existen dos tipos de efectos en la salud que pueden atribuirse a la exposición a las radiaciones debida al accidente de Chernobil.

En el primer tipo se incluyen los *síndromes tempranos* que pueden observarse clínicamente en las personas expuestas, es decir, pueden ser diagnosticados por un médico especializado que inequívocamente puede atribuir el tipo y la gravedad del efecto a la cantidad de radiación a que haya estado expuesta la persona. Estos síndromes sólo se observan a dosis de radiación relativamente altas, por encima de una dosis umbral y presentan una patología característica que afecta a órganos y tejidos específicos. En grandes dosis, afectan a todo el cuerpo y se diagnostican como *síndrome de radiación agudo* (ARS). En Chernobil, sólo padecieron estos efectos varios bomberos y otros trabajadores de emergencia.

El segundo tipo comprende los *tumores malignos radioinducidos a largo plazo* y —plausiblemente— los efectos hereditarios, que son difíciles o a veces imposibles de diferenciar de la incidencia normal casi siempre alta de estos tipos de efectos en la población. Estos efectos a largo plazo no pueden atribuirse directamente a las radiaciones a partir de los resultados de los exámenes clínicos individuales sino sólo indirectamente mediante extensos estudios epidemiológicos en grandes grupos de población. Se evidenciaron como un aumento de la incidencia estadística de los efectos en la población. Sin embargo, si la dosis de radiación es muy baja o el número de personas afectadas es pequeño, los efectos no pueden detectarse al compararse con la incidencia normal. En Chernobil dichos efectos se han manifestado sólo como un aumento de la incidencia de tumores malignos del tiroides en los niños.

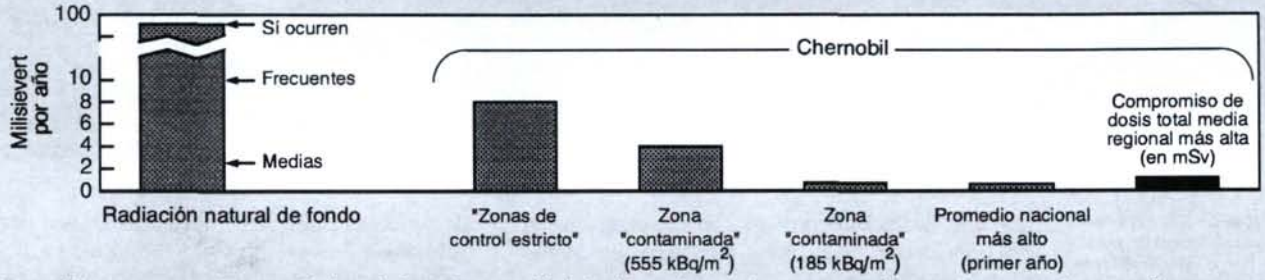
Efectos en la salud a más largo plazo. Hasta la fecha no existen pruebas de aumento alguno de la incidencia de tumores malignos, distintos del carcinoma de tiroides, ni de ningún efecto hereditario atribuible a la exposición a las radiaciones debidas al accidente de Chernobil. Esta conclusión, sorprendente para algunos observadores, concuerda con las dosis corporales relativamente bajas recibidas por las poblaciones expuestas al material radiactivo emitido. Asimismo, las dosis para toda la vida que se prevé reciban estas poblaciones son también pequeñas. De hecho, los riesgos de tumores malignos y efectos hereditarios radioinducidos son extraordinariamente pocos con dosis bajas de radiación y, como las incidencias normales de estos efectos en las personas son relativamente altas, no sorprende que no pudiera detectarse efecto alguno. (*Véase el recuadro de la página 11.*)

Una excepción en relación con la falta de pruebas de los efectos a largo plazo podría haber sido el grupo de liquidadores: habida cuenta de las dosis relativamente altas notificadas en este grupo, podría haberse detectado un aumento de la incidencia de leucemia. En cuanto al resto de los tumores malignos y efectos hereditarios, el número teóricamente pronosticado de casos debidos a la exposición a las radiacio-

Estimación de los efectos a largo plazo

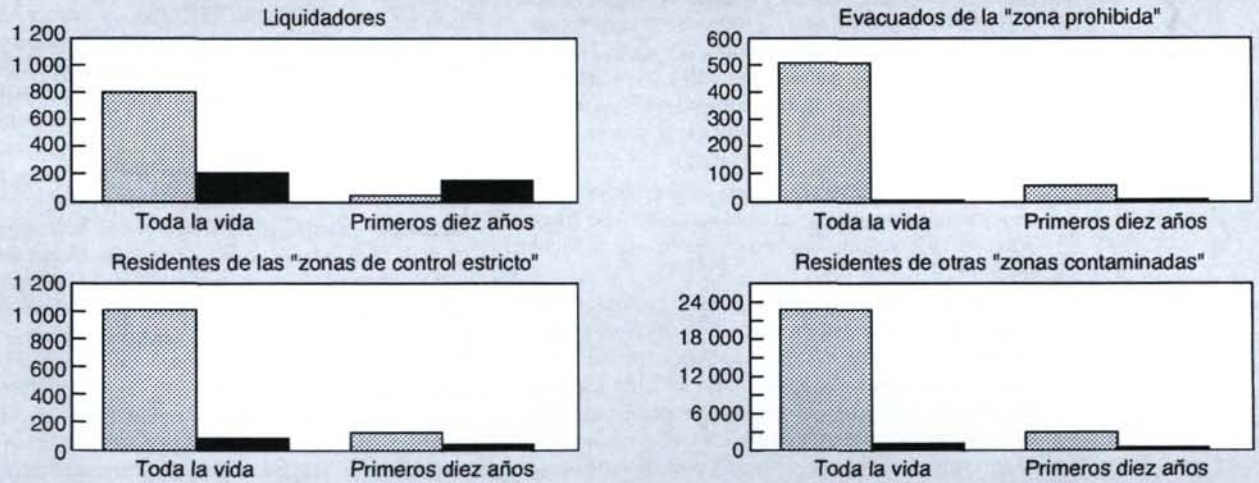
Para pronosticar los efectos a largo plazo en una población expuesta a las radiaciones, es importante estimar las dosis de radiación que recibiría la población durante toda la vida. Con excepción de los liquidadores, los niveles de dosis corporales totales fueron relativamente bajos. De las 116 000 personas que fueron evacuadas por razones de protección radiológica, menos del 10% recibieron dosis superiores a 50 mSv, dosis que se puede recibir en pocos años de vida en una zona con niveles naturales altos de radiación de fondo. Incluso en el caso de las personas que siguieron viviendo en las zonas de más alta contaminación, las dosis a que se han comprometido de por vida serán del mismo orden de magnitud; la dosis máxima acumulada —que en 1990 el PIC pronosticó en unos 160 mSv— ahora se estima que es de alrededor de 120 mSv. Fuera de las zonas más afectadas, las dosis son aún inferiores: el UNSCEAR estimó que la dosis media regional más alta en Europa comprometida en un período de 70 años sería de 1,2 mSv, o la mitad de la dosis media que se recibirá en sólo un año de exposición a la radiación de fondo media, como se muestra a continuación:

Algunas perspectivas sobre las tasas de dosis

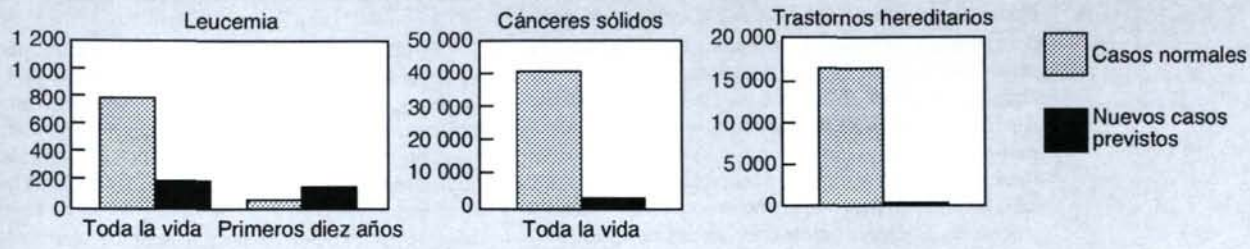


Los gráficos muestran los pronósticos de los efectos radioinducidos a largo plazo comparados con los casos de estos efectos que se prevé que normalmente ocurran en la misma población. El primer conjunto presenta casos de leucemia en cuatro grupos de población, a saber: los "liquidadores", los evacuados de la "zona prohibida", los residentes de las "zonas de control estricto", y los residentes de las llamadas zonas "contaminadas". El segundo conjunto extiende la comparación a los liquidadores entre los casos de leucemia, cánceres sólidos y trastornos hereditarios radioinducidos y los normales. Con excepción de la leucemia en los liquidadores (y el cáncer de tiroides en los niños), la cantidad de efectos radioinducidos previstos teóricamente no es significativa desde el punto de vista estadístico al compararse con las casos normales. No obstante, la detección del aumento de la leucemia entre los liquidadores es difícil de encontrar y no se han observado efectos a largo plazo atribuibles al accidente de Chernobil, distintos de los carcinomas del tiroides.

Pronósticos de casos de leucemia radioinducida en comparación con los normales



Pronósticos de los efectos radioinducidos entre los liquidadores en comparación con los casos normales



Más de 800 expertos procedentes de más de 70 países y organizaciones asistieron a la Conferencia Internacional sobre Chernobil. *(Cortesía: Pavlicek/OIEA)*

nes del accidente es tan insignificante en comparación con la incidencia natural que resulta imposible confirmarlos estadísticamente.

Es menester seguir realizando las investigaciones para determinar por qué no se ha observado el aumento teóricamente previsto en la incidencia de leucemia en los liquidadores. Ello podría deberse a que la dosis fue más baja que la notificada, o que los estudios epidemiológicos de este grupo son de algún modo inadecuados. Otra razón menos verosímil podría ser que los factores de riesgo de leucemia radioinducida pueden ser más bajos que los casos de leucemia estimados actualmente en los 200 000 liquidadores registrados que trabajaron en 1986 y 1987, que fueron del orden de 200 a lo largo de toda la vida frente a un número espontáneo de unos 800. *(Véase el gráfico de la página 11.)* En su informe sobre los efectos a largo plazo en la salud *(página 36)*, la Dra. E. Cardis y col. hacen un análisis más pormenorizado.

El Dr. Fred Mettler ofrece una visión retrospectiva de los resultados del Proyecto Internacional de Chernobil en 1990 en relación con los efectos en la salud. *(Página 33.)*

Efectos sociales y de otro tipo. En la Conferencia sobre Chernobil se determinó que los efectos sociales, económicos, institucionales y políticos también eran importantes consecuencias del accidente de Chernobil. En un documento informativo preparado conjuntamente por funcionarios de Belarús, Rusia y Ucrania se describió la catástrofe desde el punto de vista de los desequilibrios económicos y sociales. *(Véase el recuadro de la página 9.)* En ese documento oficial y en las declaraciones que los países formularon en la Conferencia sobre Chernobil se informó sobre grandes pérdidas económicas atribuidas al accidente. Se señaló que las pérdidas y gastos totales directos en la antigua URSS en el período de 1986 a 1991 fueron superiores a los 23 000 millones de rublos. Dichos gastos se debieron, entre otras cosas, a: pérdidas de bienes de capital y en la producción; reasentamiento de la población, incluida la construcción de viviendas y otras instalaciones; protección de los bosques, conservación del agua y descontaminación y tratamiento de los suelos; y diferentes indemnizaciones y pagos de subsidios a la población. El Presidente de Belarús comunicó que: "Según nuestras más modestas estimaciones, los daños económicos sufridos después del accidente de Chernobil equivalen a 32 presupuestos anuales de la República, es decir, 235 000 millones de dólares de los Estados Unidos. A tales fines, asignamos anualmente del 20% al 25% del presupuesto estatal." El Ministro de Defensa Civil, Emergencias y Eliminación de las Consecuencias de Desastres Naturales de la Federación de Rusia informó que: "En los últimos años, se han destinado billones de rublos para la rehabilitación de las zonas de Rusia afectadas por el accidente." En cuanto a Ucrania, su Primer Ministro informó que: "Los gastos totales, con cargo al presupuesto nacional de Ucrania para eliminar las consecuencias del accidente en el período de 1992 a 1996 solamente, sobrepasan los 3 000 millones de dólares de los Estados Unidos." Por supuesto, los síntomas psicológicos significativos detectados en la población, como la ansiedad, la depresión y varias afecciones psicosomáticas atribuibles a la angustia mental, constituyen un importante problema social. Se ha observado que es sumamente difícil discernir si estos efectos son únicamente atribuibles al accidente de Chernobil o a las dificultades económicas y otros problemas sociales imperantes en la región: los niveles de estas afecciones en las regiones afectadas parecen sorprendentemente altos independientemente de que las personas se vieran o no directamente afectadas por el accidente *(véase el gráfico de la página 9)*. En otro informe, la Dra. Britt-Marie Drottz-Sjoeberg y col. analizan más a fondo los efectos sociales y psicológicos. *(Página 27.)*

Problemas de seguridad nuclear. Para el público y las autoridades responsables, el accidente de Chernobil plantea el interrogante: ¿Son ahora seguros los reactores del tipo de Chernobil? Los expertos afirman que prácticamente se ha descartado la posibilidad de que se repita el accidente gracias a las mejoras que se han introducido en materia de seguridad en centrales de este tipo. Es preciso prestar atención a otros problemas relativos a las mejoras de seguridad en las uni-

Seguridad nuclear

Del 1° al 3 de abril de 1996 se celebró en Viena un Foro Internacional sobre los Aspectos de Seguridad Nuclear de Chernobil auspiciado por el OIEA y el Departamento de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas. Los resultados del Foro se comunicaron a la Conferencia sobre Chernobil. A continuación se ofrecen algunos aspectos destacados:

Causas del accidente. La información detallada de que se dispone es suficiente para determinar las causas del accidente y adoptar medidas eficaces para impedir la repetición de sucesos como ese. Se corroboró que:

- había deficiencias significativas en el diseño del reactor, específicamente en su sistema de parada, y se incurrió en graves violaciones de los procedimientos de explotación en el momento del accidente;
- las organizaciones responsables de la explotación y el control carecían de una cultura de la seguridad: mucho antes de ocurriera el accidente, se habían detectado importantes deficiencias en materia de seguridad, pero no se resolvieron.

Seguridad de los reactores RBMK. Entre 1987 y 1991 se ejecutó una primera etapa de introducción de mejoras de seguridad en todas las unidades RBMK del tipo de Chernobil, destinada a resolver los problemas más graves identificados de la forma siguiente:

- se redujo el efecto de radiactividad de huecos;
- se aumentó la eficiencia del sistema de parada de emergencia;
- se fortaleció la organización operacional.

Las cuestiones que trascienden el alcance de esta primera etapa de introducción de mejoras requieren una atención más esmerada dirigida a diversos requisitos de las diferentes generaciones de reactores RBMK.

El sarcófago. En general se coincidió en que existe un riesgo de desmoronamiento parcial o total del sarcófago durante su vida nominal (aproximadamente 30 años). Aunque incluso en la hipótesis pesimista de un desmoronamiento total no se previeran efectos generales, la estabilización del sarcófago es una cuestión de seguridad de gran prioridad.

Actualmente, el sarcófago es seguro desde el punto de vista de la criticidad. Sin embargo, en su interior existen configuraciones de masas de combustible que podrían alcanzar un estado crítico al entrar en contacto con el agua. Si bien esta criticidad potencial no podría provocar emisiones grandes fuera del emplazamiento, la entrada de agua al sarcófago es otra importante cuestión en materia de seguridad.

Es preciso seguir investigando las repercusiones potenciales que para la seguridad tiene la proximidad del sarcófago a la unidad de Chernobil que queda funcionando.

dades y reactores del mismo tipo RBMK que quedan en Chernobil. Además, está el otro problema de la seguridad de los escombros residuales en Chernobil, la mayor parte de los cuales está contenida en la estructura conocida como el *sarcófago*. Todas estas cuestiones se examinaron exhaustivamente en el foro internacional "*Una década después de Chernobil: Aspectos de la seguridad nuclear*", que precedió a la Conferencia sobre Chernobil, y cuyo informe se presentó a la Conferencia. (*Véase el recuadro supra.*) El Sr. L. Lederman ofrece más detalles sobre el foro y sus conclusiones en un informe que figura más adelante. (*Página 44.*)

Perspectivas: Un amplio y representativo grupo internacional de expertos ya ha analizado y corroborado diez años después las evaluaciones científicas de las consecuencias del accidente de Chernobil. Los resultados proporcionan al público en general, a los encargados de adoptar las decisiones y a los dirigentes políticos una información fidedigna sobre estas consecuencias. Ello debe poner fin a gran parte de la información errónea aparecida sobre las consecuencias del accidente.

Los niveles de radiación que aún pueden detectarse en las regiones más afectadas son tan bajos que permiten reanudar la actividad económica y social en condiciones normales. Los efectos en la salud no han resultado ser tan catastróficos como temían algunos e informaban otros. No obstante, sí hubo una serie de efectos radiológicos y aún se prevén otros que deberían ser abordados. Además, los efectos socioeconómicos son muy graves.

Ahora todos los esfuerzos deberían concentrarse en aprovechar los nuevos conocimientos adquiridos sobre las consecuencias para ayudar a los que se han visto realmente afectados y siguen necesitando esa ayuda.

Una década después de Chernobil: Base de las decisiones

Una importante conferencia internacional recapitula la interpretación científica de las principales consecuencias del accidente de Chernobil

Aspectos destacados de los resultados

Aunque en los últimos diez años se ha aprendido mucho sobre el trágico accidente de Chernobil ocurrido el 26 de abril de 1986, aún quedan importantes cuestiones por resolver. En sus esfuerzos por establecer el marco concreto para la ayuda permanente de la comunidad internacional, el OIEA, la Comisión Europea (CE) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) celebraron conjuntamente una importante conferencia internacional en abril de 1996 para recapitular la interpretación científica de las consecuencias del accidente. (Véase el recuadro de la pág. 17.) *En sus conclusiones, la Conferencia publicó un Resumen de los Resultados formulado sobre la base de los informes y las exposiciones básicas presentados en la Conferencia; los documentos informativos preparados por grupos de expertos y los debates sobre éstos en la Conferencia; y las conclusiones de cada reunión técnica. La Secretaría Conjunta de la Conferencia recomendó que el Resumen se utilice como base de las decisiones relativas a la labor y colaboración futuras dirigidas a paliar las consecuencias del accidente de Chernobil. En el presente artículo figuran algunos aspectos destacados del Resumen de los Resultados de la Conferencia.**

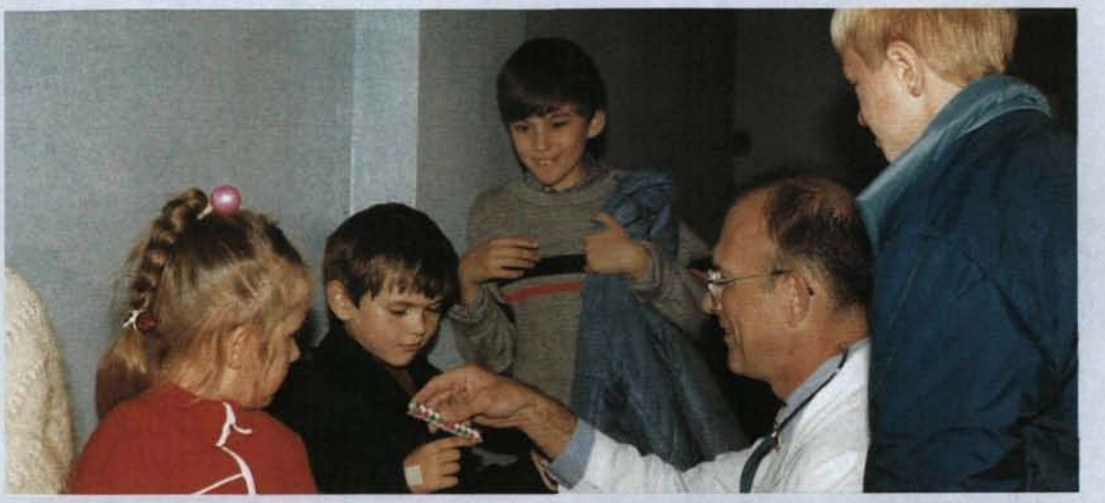
Respuesta inicial al accidente

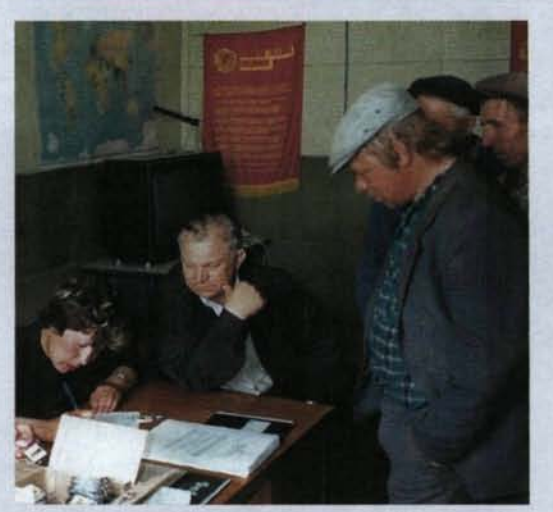
Hubo que adoptar medidas de emergencia con el fin de controlar la emisión de material radiactivo, cuidarse de los escombros despedidos por el reactor, y construir luego una estructura de contención de los restos del núcleo del reactor, el llamado "sarcófago", que quedó terminada en noviembre de 1986.

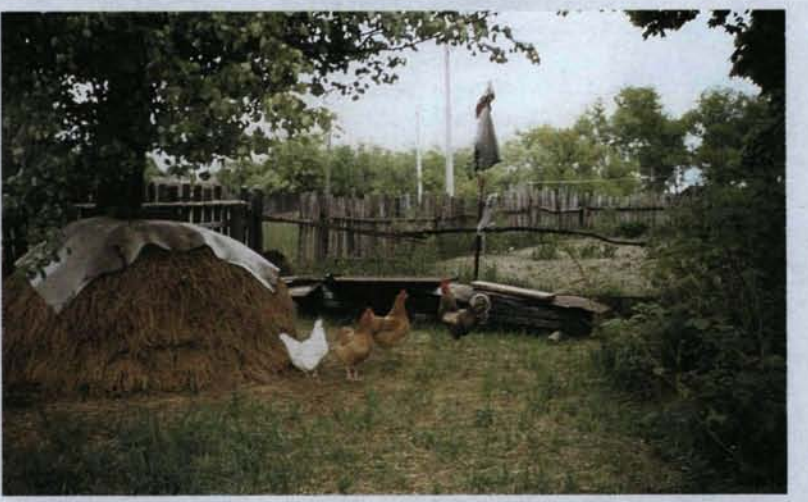
Las actividades de respuesta al accidente se llevaron a cabo por un gran número de trabajadores ad hoc, con inclusión de operadores de la central, voluntarios de emergencia como bomberos y personal militar, además de muchos trabajadores no profesionales. Se utilizó el término ruso *likvidator* para identificar a todas estas personas. Alrededor de 200 000 "liquidadores" trabajaron en la región de Chernobil durante 1986 y 1987, período en que la exposición a las radiaciones fue más elevada. Formaban parte de unas 600 000 a 800 000 personas que, según los registros, intervinieron en las actividades relacionadas con la mitigación de las consecuencias del accidente. Estas cifras incluyen las personas que participaron en las operaciones de limpieza tras el accidente (comprendida la limpieza alrededor del reactor, la construcción del sarcófago, la descontaminación, la construcción de carreteras, y la destrucción y enterramiento de edificios, bosques y equipo contaminados), así como numeroso personal corriente que trabajó en los territorios llamados "contaminados" y que en general recibió dosis bajas.

Durante el período transcurrido entre el 27 de abril y mediados de agosto de 1986, alrededor de 116 000 habitantes fueron evacuados de sus viviendas, situadas en la región circundante de la central de Chernobil, con el propósito de protegerlos de la exposición a las radiaciones. Se estableció la denominada "zona prohibida", que abarcaba los terri-

* El texto íntegro del Resumen se incluye en las actas de la Conferencia que el OIEA está preparando para su publicación.







Las dimensiones de largo alcance del accidente de Chernobil trascienden con creces sus efectos radiológicos, aunque éstos suelen acaparar casi toda la atención. Muchos de los problemas que aún encaran los habitantes de los pueblos y ciudades más gravemente afectados por el accidente tienen que ver con otros factores y su solución exige un estudio más profundo y la asignación de mayores recursos para su solución.

***Página anterior*: Cerca que rodea la zona prohibida de 30 kilómetros. Esta página, en el sentido de las manecillas del reloj, desde arriba a la izquierda: Médicos examinan niños en Ucrania; granja ubicada dentro de la zona de 30 km, donde algunas de las personas evacuadas han decidico regresar a sus hogares; habitantes de Belarús aprenden a medir los niveles de radiación en sus hogares; vista aérea de la central de Chernobil con el sarcófago a la derecha; agricultores reciben información sobre las evaluaciones de la radiación.**

(Cortesía: Mouchkin, OIEA, Pavlicek, OIEA; Gobierno de Belarús; Eric Voice)

torios con las tasas de dosis más elevadas, a la que se vedó el acceso público. Esta prohibición continuó en Belarús y Ucrania, países sucesores independientes tras la desintegración de la Unión Soviética. La zona prohibida abarca en total 4300 km^2.

Emisiones y depósito del material radiactivo

En la actualidad se estima que la actividad global de todos los materiales radiactivos emitidos en el accidente fue de aproximadamente 12 x 10^{18} Bq, incluidos unos 6-7 x 10^{18} Bq debidos a gases nobles*. Fueron emitidos al exterior alrededor del 3% y el 4% del combustible usado en el reactor en el momento del accidente, así como hasta el 100% de los gases nobles y del 20% al 60% de los radionucleidos volátiles. Esta estimación actual de la radiactividad es más elevada que la notificada en 1986 por las autoridades soviéticas, que se efectuó sumando la actividad de los materiales depositados en los países de la antigua URSS. Con todo, esta reevaluación del término fuente no altera las estimaciones de las dosis individuales.

La composición en radionucleidos del material liberado en el accidente fue compleja. Los radisótopos del yodo y del cesio son de máxima importancia radiológica: los del yodo, de período corto de semidesintegración radiactiva, tuvieron el mayor impacto radiológico a corto plazo; los del cesio, con sus períodos de semidesintegración del orden de decenas de años, tienen el mayor impacto radiológico a largo plazo. Las estimaciones de la actividad de las cantidades de radionucleidos clave emitidos son las siguientes: yodo 131; ~1,3 - 1,8 x 10^{18} Bq; cesio 134: ~0,05 x 10^{18} Bq; cesio 137: ~0,09 x 10^{18} Bq. Estos valores corresponden aproximadamente a entre el 50% y el 60% del yodo 131 contenido en el núcleo del reactor en el momento del accidente y a entre el 20% y el 40% de los dos radisótopos del cesio indicados.

Depósito del material. El material emitido a la atmósfera, tras una gran dispersión, se depositó finalmente en la superficie terrestre. Fue posible su medición prácticamente en todo el hemisferio septentrional.

La mayor parte del material se depositó en la región circundante del emplazamiento de la central, con una amplia variación de la densidad del depósito. Se estimó que las zonas de los territorios circunvecinos de Belarús, la Federación de Rusia y Ucrania, donde se midieron niveles de actividad del cesio 137 superiores a 185 kBq/m^2, tenían una extensión de 16 500 km^2, 4600 km^2 y 8100 km^2, respectivamente.

Dosis de radiación

Las 200 000 personas que participaron en 1986-1987 en la "liquidación" de las consecuencias del accidente recibieron dosis medias del orden de los 100 mSv**. Alrededor del 10% recibió dosis del orden de los 250 mSv; un porcentaje pequeño recibió dosis de más de 500 mSv; en tanto es posible que varias decenas de personas que primero respondieron al accidente hayan recibido dosis potencialmente letales de unos pocos miles de milisieverts.

Las 116 000 personas que fueron evacuadas de la zona prohibida en 1986 ya habían quedado expuestas a las radiaciones. Menos del 10% había recibido dosis de más de 50 mSv, y menos del 5%, dosis de más de 100 mSv.

Los radisótopos del yodo emitidos causaron dosis de radiación a la glándula tiroides***. El yodo fue absorbido en el torrente sanguíneo, en general mediante la ingestión de alimentos, principalmente leche contaminada, así como por inhalación de la nube radiactiva inicial, y se acumuló en la glándula tiroides. Se previó que las dosis al tiroides serían particularmente elevadas en comparación con las que recibirían otros órganos del cuerpo, sobre todo en el caso de los niños.

El Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) evaluó las dosis a largo plazo a la población de diversos países del hemisferio septentrional a causa del accidente, incluidas las dosis medias en distintos países. El UNSCEAR estimó que las dosis individuales fuera de la antigua URSS resultantes del accidente fueron las siguientes: la dosis media nacional más elevada en el primer año fue de 0,8 mSv; la dosis comprometida media más elevada para la región de Europa en el

* La cantidad de un radionucleido determinado se expresa en función de la magnitud denominada "actividad", que corresponde al número de transformaciones nucleares espontáneas por unidad de tiempo que emiten radiaciones. Su unidad es la inversa de un segundo (s^{-1}), denominada becquerelio.

** La magnitud denominada dosis de radiación es una medida de la energía que absorben los tejidos por unidad de masa de tejido, ponderada con respecto a la eficacia del tipo de radiación y la radiosensibilidad de los diversos tejidos del cuerpo. Su unidad es el sievert (Sv), con un submúltiplo, el milisievert (mSv) o una milésima de sievert. Como término de comparación, la dosis media de radiación anual mundial debida a la radiación natural de fondo es 2,4 mSv, con variaciones geográficas considerables. Por tanto, a lo largo de una vida tipo de 70 años, un individuo acumula una dosis media de 2,4 mSv x 70 = 170 mSv debida a la radiación natural de fondo.

*** Las dosis a órganos específicos suelen expresarse en grays (Gy). Para el tipo de radiación de que se trata aquí, a una dosis al tiroides equivalente (ponderada) de 1 Sv, una dosis de 1 Gy al tiroides corresponde a una dosis al tiroides equivalente (ponderada) de 1 Sv.

Conferencia Internacional Una década déspues de Chernobil:Recapitulación de las consecuencias del accidente

por Malcolm Crick

Del 8 al 12 de abril de 1996 en el Centro Internacional de Viena, el OIEA, la Comisión Europea (CE) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) auspiciaron conjuntamente una Conferencia Internacional para recapitular la interpretación científica de las principales consecuencias sociales, sanitarias y ecológicas del accidente de Chernobil. La Conferencia fue organizada en cooperación con el Departamento de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas (DAHNU), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (AEN/OCDE).

La Ministra alemana de Medio Ambiente, Dra. Merkel, que fue la Presidenta de la Conferencia, conversa con un participante en la muy concurrida Conferencia Internacional sobre Chernobil celebrada en Viena. *(Cortesía: Pavlicek, OIEA)*

Asistieron a la Conferencia unos 800 científicos y funcionarios de gobierno de las esferas de la energía nuclear, la seguridad contra las radiaciones y la atención a la salud, así como más de 200 periodistas representantes de los medios de difusión. Participaron también representantes oficiales de alto nivel de los tres países más seriamente afectados por el accidente –Belarús, la Federación de Rusia y Ucrania– y delegados de casi 90 Estados y organizaciones intergubernamentales.

La Presidenta de la Conferencia fue la Dra. Angela Merkel, Ministra Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de Alemania, quien contó con la asistencia de un Gabinete integrado por científicos de alta categoría. Un Comité Asesor de expertos de alto nivel de Belarús, Rusia y Ucrania supervisó la organización y desarrollo de la Conferencia.

La Conferencia incluyó diversas reuniones en las que los expertos examinaron los resultados de la labor realizada hasta la fecha, incluidas las conclusiones de las dos principales conferencias internacionales, una celebrada en noviembre de 1995 por la OMS y la otra en marzo de 1996 auspiciada por la CE en Minsk. Asimismo, la Conferencia examinó el resultado del Foro Internacional OIEA/DANHU sobre aspectos de seguridad nuclear que se celebró en Viena la semana previa a la Conferencia. Los discursos inaugurales fueron pronunciados por el Director General del OIEA, Dr. Hans Blix; el Director General de la OMS, Hiroshi Nakajima; H. Tent, Director General Adjunto de la CE para la Investigación y el Desarrollo Científicos; y M. Griffiths, Director del DAHNU. En la Conferencia formularon también declaraciones por sus respectivos países Alyaksandr Lukashenko, Presidente de Belarús; A. Shoigu, Ministro de Emergencias de Rusia, y Yevgeni Marchuk, Primer Ministro de Ucrania.

En un Seminario informativo se presentaron siete exposiciones básicas a cargo de representantes de la UNESCO, el UNSCEAR, la FAO y la AEN/OCDE, así como de organizaciones de Alemania, el Japón y los Estados Unidos, sobre los resultados de los principales proyectos de asistencia bilateral ejecutados después de Chernobil.

En el Simposio técnico se celebraron ocho sesiones monográficas independientes sobre una diversidad de temas sociales, sanitarios y ecológicos. Los temas incluyeron los efectos observados clínicamente; los efectos en el tiroides; los efectos en la salud a más largo plazo; otros efectos relacionados con la salud incluidos los efectos psicológicos, el estrés y la ansiedad; las consecuencias para el medio ambiente; el impacto social, económico, institucional y político; las medidas reparadoras en materia de seguridad nuclear; las consecuencias en perspectiva y un pronóstico para el futuro. Para cada sesión los comités de expertos de alto nivel, incluidos expertos de Belarús, Rusia y Ucrania, nominados por el Comité Asesor, prepararon de antemano documentos informativos. En cada sesión monográfica el Relator presentó el documento informativo pertinente y los documentos científicos conexos en una sesión de carteles. El debate iniciado posteriormente resultó extremadamente estimulante y animado. Las conclusiones de cada sesión fueron informadas al Gabinete de la Presidenta y resumidas en la sesión final del Simposio técnico. Además de los debates en la sesión plenaria, se presentaron unos 181 carteles científicos individuales, así como 12 exposiciones técnicas de proyectos clave. El último día tuvo lugar un coloquio de expertos muy estimulante con representantes de los medios de difusión, la ciencia y el gobierno, en el que se exploró más a fondo la percepción del público respecto de las consecuencias del accidente de Chernobil y se trató de responder por qué difería de la de los expertos.

El OIEA está preparando las actas de la Conferencia, incluido un resumen de los resultados, para su publicación. También se puede obtener información por conducto de Servicios World Atom del OIEA en Internet en *http:/www.iaea.or.at/worldatom/thisweek/preview/chernobyl.*

El Sr. Crick, funcionario del Departamento de Seguridad Nuclear del OIEA, fue Secretario Científico de la Conferencia.

período de 70 años que finaliza en el 2056 se estimó en 1,2 mSv. En el Proyecto Internacional de Chernobil se estimó que las dosis comprometidas más elevadas para los 70 años a partir de 1986 hasta el 2056, en el caso de los habitantes de los territorios más contaminados, eran del orden de los 160 mSv. Estudios recientes más detallados han arrojado resultados similares.

Efectos en la salud

Efectos observados clínicamente. Se indicó que un total de 237 personas expuestas profesionalmente sufrían síndromes clínicos atribuibles a la exposición a las radiaciones y fueron hospitalizadas. En 134 casos se diagnosticó el síndrome de radiación agudo. De ellos, 28 murieron a causa de radiolesiones, todos en los primeros tres meses. Dos personas más murieron en la Unidad 4 por lesiones no relacionadas con las radiaciones (hubo una muerte adicional que se consideró debida a una trombosis coronaria).

Las lesiones gastrointestinales constituyeron un problema grave, causando con rapidez alteraciones letales en la función intestinal de 11 pacientes que habían recibido dosis superiores a los 10 Gy. La muerte de 26 de los 28 pacientes que fallecieron estuvo relacionada con lesiones de la piel que afectaban a más del 50% de la superficie total del cuerpo. Después de la fase aguda, murieron otros 14 pacientes en los últimos 10 años; sin embargo, su muerte no se corresponde con la gravedad inicial del síndrome de radiación agudo y, por tanto, no es necesariamente –en algunos casos no lo es con certeza– atribuible a la exposición a las radiaciones como causa directa.

Sin duda los pacientes recibieron el mejor tratamiento posible, con arreglo a los conocimientos de entonces, en el centro de mayor experiencia que existía. Pese a todo, la terapia de transplante de médula ósea recomendada en esa época resultó poco beneficiosa. Con los conocimientos actuales, esto es fácilmente comprensible en vista de los riesgos inmunológicos que implica el procedimiento, de la heterogeneidad de las características de exposición y de otras complicaciones debidas a los daños radioinducidos tales como lesiones cutáneas o gastrointestinales que fue imposible tratar. En el futuro el mejor tratamiento posible de los daños a la médula ósea es la administración inmediata de factores de crecimiento hemopoyético. De todos modos, es necesario determinar la combinación y dosificación más ventajosa de los mismos. Para otros daños radioinducidos se dispone ahora de nuevos instrumentos de diagnóstico que pueden facilitar un pronóstico más exacto y un tratamiento más adaptado a cada caso particular.

En la actualidad los pacientes más gravemente afectados sufren múltiples dolencias, incluidos los efectos de la angustia mental, y necesitan tratamientos avanzados y medidas preventivas contra los efectos secundarios. Es preciso asegurar la asistencia médica a esos pacientes, y su estado de salud debe vigilarse durante las dos o tres décadas venideras. En el contexto de los cuadros clínicos que se presenten será importante distinguir entre los que son atribuibles a la exposición a las radiaciones y los que se deben a factores causantes de confusión, inherentes a las poblaciones afectadas por el accidente.

Efectos en el tiroides. La única prueba clara hasta la fecha de los efectos en la salud pública causados por la exposición a las radiaciones resultantes del accidente de Chernobil es un aumento muy pronunciado de la incidencia del cáncer de tiroides entre las personas de las zonas afectadas que eran niños en 1986. (En el informe sobre el Proyecto Internacional de Chernobil, redactado en 1991, se dice que "se prevé para las próximas décadas un exceso de casos de cáncer de tiroides debido a la radiación. Este riesgo guarda relación con las dosis al tiroides recibidas en los primeros meses después del accidente..."*) Este aumento de la incidencia se ha observado en Belarús y en menor grado en Ucrania y la Federación de Rusia. El número de casos notificados hasta el fin de 1995 es de aproximadamente 800 niños que tenían menos de 15 años en el momento del diagnóstico; más de 400 de estos casos se produjeron en Belarús. En la mayor parte de los casos, expertos internacionales han confirmado el diagnóstico.

Este aumento se ha observado en los niños que nacieron antes del accidente o en los seis meses siguientes; la incidencia del cáncer de tiroides en los niños nacidos más de seis meses después del accidente desciende drásticamente hasta los bajos niveles que cabe esperar en las poblaciones no expuestas. Además, los casos de cáncer de tiroides se manifiestan en su mayor parte en las zonas que se piensa han sido contaminadas por yodo radiactivo a consecuencia del accidente. Así pues, tanto la distribución cronológica como la geográfica indican claramente que existe una relación entre el aumento del cáncer de tiroides y la exposición a las radiaciones. Además, como la glándula tiroides concentra el yodo, se supone que los agentes causantes del aumento de la incidencia del cáncer de tiroides en los niños son uno o más radisótopos de dicho elemento.

Los análisis de la exposición por edades confirmaron la hipótesis de que los niños de muy

* Véase The International Chernobyl Project, Technical Report, *Assessment of Radiological Consequences and Evaluation of Protective Measures*, Part. F; Health Impact, Sección 3.11.3, pág. 389, publicado por el OIEA (1991).

corta edad fueron los más vulnerables. Se considera ahora posible que persista el aumento de la incidencia del cáncer de tiroides en las personas expuestas cuando eran niños pequeños. Esto podría incrementar la frecuencia de este cáncer en el grupo afectado en el futuro, exigiendo suficientes recursos para encarar tal eventualidad.

En la actualidad, el período mínimo de latencia entre la exposición y el diagnóstico de cáncer de tiroides parece ser de alrededor de cuatro años. Este período es algo menor que el previsto sobre la base de experiencias anteriores relacionadas con la exposición aguda a la radiación externa.

Hasta la fecha solamente tres niños, del conjunto de casos diagnosticados, han muerto por cáncer de tiroides. Estos tipos de cáncer papilar tiroideso en los niños, posteriores a Chernobil, a pesar de su agresividad, parecen responder favorablemente a los métodos terapéuticos normales si éstos se aplican de manera adecuada; ahora bien, por el momento solamente se dispone de datos de seguimiento relativos a un corto período. Es, pues, necesario hacer un seguimiento completo y continuo de los niños afectados a fin de establecer la terapia óptima. Tras la tiroidectomía es preceptivo administrar L-tiroxina a los niños durante toda la vida.

Es muy difícil predecir la magnitud de la incidencia futura del cáncer de tiroides como resultado del accidente de Chernobil. Subsisten incertidumbres en cuanto a las estimaciones de dosis y, aunque no es seguro que el aumento actual de la incidencia se mantenga en el futuro, muy probablemente continuará durante varias décadas. De persistir el elevado riesgo relativo actual, a lo largo de las próximas décadas aumentará sustancialmente la incidencia del carcinoma de tiroides en los adultos que recibieron altas dosis de radiación cuando eran niños.

En caso de accidente en el futuro, se deberían tomar, en condiciones estrictamente definidas, medidas acreditadas para la protección de las poblaciones vulnerables contra la exposición del tiroides al yodo radiactivo, tales como evitar el consumo de alimentos contaminados y la profilaxis con yodo mediante la distribución de dosis farmacológicas de yodo estable. En la población de los alrededores de la central de Chernobil es tradicional la carencia de yodo, y se recomienda en todo caso remediar esta carencia consumiendo sal yodada con los alimentos.

Efectos en la salud a más largo plazo. Además del aumento confirmado de la incidencia del cáncer de tiroides en los jóvenes, en ciertos informes se señala un crecimiento de la incidencia de enfermedades malignas específicas en algunas poblaciones de territorios contaminados y en los liquidadores. Ahora bien, estos informes no son coherentes y los aumentos comunicados podrían reflejar diferencias en el seguimiento de las poblaciones expuestas y un mayor grado de detección tras el accidente de Chernobil; posiblemente sea necesario seguir investigando.

La leucemia, enfermedad poco frecuente, es una de las principales causas de preocupación después de la exposición a las radiaciones. Según los modelos de predicción (basados en datos provenientes de los sobrevivientes de los bombardeos atómicos del Japón y otros), cabría esperar, en teoría, pocos casos mortales por leucemia radioinducida. El total previsto de muertes adicionales por leucemia sería del orden de los 470 entre los 7,1 millones de habitantes de territorios "contaminados" y "zonas de control estricto"", número que sería imposible distinguir de la incidencia espontánea de alrededor de 25 000 muertes. Entre los 200 000 liquidadores (que trabajaron en 1986 y 1987), el total previsto sería del orden de los 200 casos mortales frente a una incidencia espontánea de 800 muertes por leucemia. Con arreglo a los modelos actuales, se habría previsto que aproximadamente 150 de esos 200 casos más de muerte por leucemia entre los liquidadores hubiesen ocurrido en los primeros diez años después de la exposición, período para el que la incidencia espontánea es de 40. En resumen, hasta la fecha no se ha detectado un aumento coherente atribuible en la tasa de leucemia ni en la incidencia de cualquier enfermedad maligna distinta del carcinoma de tiroides.

Aplicando los modelos de predicción, se calcula que el número de cánceres mortales causados por el accidente entre los 7,1 millones de habitantes de "territorios contaminados" y "zonas de control estricto", será del orden de los 6600 en los próximos 85 años, frente a una incidencia espontánea de 870 000 muertes por cáncer. Como ya se ha indicado en el informe sobre el Proyecto Internacional de Chernobil, sería difícil distinguir, incluso con estudios epidemiológicos a largo plazo, amplios y bien concebidos, aumentos futuros por encima de la incidencia natural de todos los tipos de cáncer, salvo el de tiroides, o efectos hereditarios entre el público.

Se han notificado aumentos de la frecuencia en las poblaciones expuestas, y en particular entre los liquidadores, de cierto número de efectos no específicos perjudiciales para la salud, distintos del cáncer. Es difícil interpretar estas observaciones ya que el estado de salud de las poblaciones expuestas es objeto de un seguimiento mucho más intensivo y activo que el de la población en general. Todos estos aumentos, si son reales, también pueden reflejar los efectos del estrés y la ansiedad.

Se deben mejorar los registros existentes sobre cáncer y mortalidad basados en la población o, cuando proceda, se deben establecer tales registros. Además, se deben llevar a cabo estudios específicos para investigar los aumentos señalados en los informes y también los aumentos previstos, en

particular los de leucemia entre los liquidadores. Esto se debe hacer usando protocolos cuidadosamente diseñados y aplicados de manera uniforme para analizar los factores causantes de confusión, y posiblemente distinguir sus efectos.

Consecuencias psicológicas. Durante los últimos diez años se han realizado varios estudios y programas importantes para determinar los efectos sociales y psicológicos del accidente de Chernobil. Estos estudios han confirmado las observaciones anteriores (entre ellas las del Proyecto Internacional de Chernobil) de que existen importantes trastornos de la salud y síntomas de tipo psicológico en las poblaciones afectadas por dicho accidente, tales como ansiedad, depresión y diversas afecciones psicosomáticas atribuibles a la angustia mental. Es extremadamente difícil distinguir los efectos psicológicos del accidente de Chernobil de los efectos de las dificultades económicas y de la desintegración de la URSS.

Los efectos psicológicos del accidente de Chernobil fueron resultado de la falta de información pública, en particular inmediatamente después del accidente, del estrés y el trauma debidos al reasentamiento, de la ruptura de las relaciones sociales, y del temor de que toda exposición a las radiaciones es perjudicial y puede causar daños en la salud de las personas y la de sus hijos en el futuro. Es comprensible que la gente a la que no se dijo la verdad durante varios años después del accidente continúe siendo escéptica a las declaraciones oficiales y creyendo que las enfermedades de todo tipo que ahora parecen más frecuentes se deben forzosamente a las radiaciones. La angustia causada por esta visión errónea de los riesgos radiológicos es sumamente perjudicial para la población.

La falta de consenso acerca de las consecuencias del accidente y la politización con que éstas se han abordado han producido en la población efectos psicológicos generalizados, graves y prolongados. Estas perniciosas secuelas incluyen sentimientos de desamparo y desesperación, que conducen al retraimiento social y a la pérdida de esperanza en el futuro. Tales efectos son prolongados por el interminable debate sobre los riesgos radiológicos, las contramedidas y la política social en general, y también por la existencia del cáncer de tiroides atribuido a las exposiciones iniciales.

Existe la necesidad urgente de fomentar la confianza en la capacidad personal para introducir un cambio positivo en la vida de cada cual, fomentar proyectos en pequeña escala y de tipo comunitario para mejorar la situación local y respaldar a las organizaciones que promueven la rehabilitación de la población afectada, aumentar los conocimientos del público sobre los efectos de las radiaciones en la salud y sobre protección radiológica, así como de desarrollar, integrar y mantener las redes existentes de autoridades locales, especialistas e investigadores en la esfera social y psicológica.

Consecuencias sobre el medio ambiente

En lo que respecta a las consecuencias directas sobre los animales y las plantas, las dosis de radiación llegaron a ser mortales para algunos ecosistemas locales radiosensibles, especialmente en las coníferas y algunos mamíferos pequeños, en un radio de 10 km desde el emplazamiento del reactor, en las primeras semanas después del accidente. En el otoño de 1986 las tasas de dosis se habían reducido a la centésima parte. En 1989, el medio ambiente natural de esas localidades había comenzado a recuperarse. No se han observado efectos graves prolongados en la población o los ecosistemas. Está por estudiar la posibilidad de efectos genéticos de larga duración y su importancia.

En el caso de las poblaciones humanas, la importancia de la contaminación ambiental depende de las vías de exposición. Las vías principales son la irradiación externa causada por los materiales radiactivos depositados en el suelo y la irradiación interna debida a la contaminación de los alimentos. En las primeras semanas después del accidente los radionucleidos de mayor importancia radiológica fueron los del yodo. Desde 1987, la mayor parte de la dosis radiactiva recibida se ha debido al cesio 134 y al cesio 137, con una pequeña contribución del estroncio 90, mientras el plutonio 239 ha hecho una contribución mínima a la dosis.

Varios artículos que forman parte de la dieta normal se contaminaron con materiales radiactivos. Poco después del accidente, alimentos básicos como la leche y las hortalizas presentaban niveles de contaminación superiores a los valores que hoy día considera aceptables la Comisión del Codex Alimentarius OMS/FAO, fijados como niveles de contaminación máximos admisibles para los alimentos que son objeto de comercio internacional. (Estos niveles se establecen ahora globalmente en las Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación.) Existen algunas interrogantes con respecto a la eficacia de las medidas de control que se adoptaron en las primeras fases siguientes al accidente.

Las contramedidas resultan relativamente ineficaces para reducir las exposiciones externas pero pueden tener gran efectividad para reducir la absorción de materiales radiactivos. A largo plazo, la aplicación adecuada de contramedidas en la agricultura puede reducir la absorción de cesio por los alimentos. La eficacia de las contramedidas depende de condiciones locales tales como el tipo

de suelo. Por ejemplo, en algunas localidades donde la cantidad de cesio depositado en el suelo fue relativamente pequeña, la transferencia a la leche pudo, sin embargo, alcanzar valores altos. En general, ningún alimento producido en granjas colectivas sobrepasa actualmente los niveles del Codex Alimentarius OMS/FAO, aunque ocurre lo contrario con algunos de los artículos que producen los agricultores privados.

El medio ambiente seminatural, es decir con características intermedias entre las de las tierras dedicadas a la agricultura y las de los medios naturales, puede tener una influencia predominante en los niveles de las dosis futuras a la población humana. El factor de transferencia de los radionucleidos del suelo a la leche de las vacas que pastan en praderas varía en un intervalo de varios centenares, según el tipo de suelo. Algunos productos alimenticios derivados de animales que pastan en prados seminaturales, bosques y zonas montañosas, así como los alimentos de origen silvestre (por ejemplo, la caza, las bayas y las setas) continuarán mostrando niveles de cesio 137 que sobrepasen los del Codex Alimentarius –en algunos casos con gran diferencia– durante las próximas décadas y es probable que sean una causa principal de dosis internas en el futuro.

Las tasas de dosis locales debidas a los materiales radiactivos enterrados en el emplazamiento de Chernobil pueden ser considerables. Además, para la gestión metódica de los depósitos provisionales de residuos radiactivos del accidente, se deberían estudiar las posibilidades de contaminación de las aguas subterráneas locales a largo plazo.

Efectos sociales, económicos, institucionales y políticos

Entre 1990 y el final de 1995 las autoridades decidieron seguir reasentando a la población de Ucrania (alrededor de 53 000 personas), Belarús (aproximadamente 107 000 personas) y la Federación de Rusia (unas 50 000 personas). La evacuación y el reasentamiento han creado varios problemas sociales graves vinculados a las dificultades y pruebas que supone la adaptación a nuevas condiciones de vida.

Los indicadores demográficos de las regiones "contaminadas" han empeorado: la tasa de natalidad ha descendido y la fuerza laboral emigra de las zonas "contaminadas" a las "no contaminadas", creando escasez de mano de obra y personal profesional.

Las medidas de control impuestas por las autoridades para limitar la exposición a las radiaciones en los territorios "contaminados" han limitado también las actividades industriales y agrícolas. Además, la actitud de la población en general hacia los productos provenientes de zonas "contaminadas" dificulta la venta o la exportación de la producción, con lo que disminuyen los ingresos a nivel local.

Las restricciones a las actividades habituales de la población hacen que la vida cotidiana sea difícil y angustiosa. En los últimos años se han tomado medidas importantes de rehabilitación. Sin embargo, es necesario proporcionar al público más y mejor información sobre las disposiciones adoptadas para limitar las consecuencias del accidente, los actuales niveles de radiación y las concentraciones de radionucleidos medidas en los alimentos.

Las condiciones sociales y económicas de la población que vive y trabaja en los territorios "contaminados" dependen en gran medida de los subsidios públicos. Si hubiera que reconsiderar el sistema de indemnizaciones en vigor, algunos de los fondos se podrían canalizar hacia nuevos proyectos industriales y agrícolas.

Las consecuencias del accidente de Chernobil y las medidas de respuesta adoptadas, agravadas por los cambios políticos, económicos y sociales de los últimos años, han originado un empeoramiento de la calidad de vida y la salud pública así como efectos desfavorables en la actividad social. La situación se complicó aún más en los años posteriores al accidente por la insuficiencia e inexactitud de la información pública sobre las consecuencias del siniestro y las medidas para su mitigación.

La seguridad nuclear y el sarcófago

La causa principal del accidente de Chernobil reside en la coincidencia de deficiencias graves en el diseño del reactor y el sistema de parada con la violación de los procedimientos de explotación. La inexistencia de una "cultura de la seguridad" en las organizaciones competentes de la Unión Soviética originó la incapacidad de remediar esos defectos de diseño, pese a que se conocían antes del accidente.

Además de estos factores directamente relacionados con las causas del accidente, el diseño original de las centrales dotadas de reactores RBMK (reactores soviéticos refrigerados por agua ligera y moderados por grafito) tenía otras deficiencias. En particular, el diseño original de la primera generación de reactores RBMK no alcanza los objetivos actuales de seguridad. También hay que dedicar más atención a las restantes deficiencias, como la de la contención parcial.

Según un enfoque dinámico en materia de seguridad, hay que mejorar debidamente o parar todas las centrales nucleares que no alcanzan un nivel de seguridad internacionalmente aceptable.

En septiembre de 1991, la Conferencia del OIEA sobre seguridad de la energía nucleoeléctrica: Estrategia para el futuro, expresó su consenso de que las normas de seguridad de las centrales más antiguas en funcionamiento deberían cumplir razonablemente los objetivos actuales de seguridad. Para garantizar un nivel aceptable de seguridad de las instalaciones nucleares y promover la confianza del público en la energía nuclear, sigue siendo de importancia primordial el empeño activo de alcanzar esa meta.

En los últimos diez años se ha adoptado un número considerable de medidas reparadoras para aumentar la seguridad nuclear de las centrales provistas de reactores RBMK: inmediatamente después del accidente de Chernobil se tomaron medidas técnicas y de organización, realizándose también mejoras de la seguridad entre 1987 y 1991, las cuales pusieron fundamentalmente remedio a las deficiencias de diseño que contribuyeron al accidente. Asimismo se han realizado progresos en esferas tales como dirección de las centrales, capacitación de personal, ensayos no destructivos y análisis de la seguridad. Como resultado de ello, parece que ya no es prácticamente posible que se repita un accidente con el mismo escenario. Pese a ello, no puede descartarse la posibilidad de otros accidentes que originen emisiones considerables.

Existen planes para introducir en todas las centrales RBMK nuevas mejoras de la seguridad y subsanar las deficiencias de diseño de este tipo de reactor no directamente relacionadas con el accidente de Chernobil. La ejecución de estos planes se está retrasando más de lo debido porque los países de que se trata carecen de los recursos necesarios.

La realización expedita de lo que se acordó que era necesario y ya se ha planificado reviste la máxima prioridad tanto para los programas nucleares nacionales como para la cooperación internacional: hay que introducir las mejoras de la seguridad necesarias independientemente de que se esté considerando una pronta clausura de las centrales; hay que dedicar más recursos a aumentar la seguridad de las centrales RBMK actualmente en funcionamiento; debe reforzarse la posición de las autoridades reguladoras nacionales y de sus organizaciones de apoyo.

Al igual que en otras unidades RBMK, también se realizaron en la central de Chernobil readaptaciones a posteriori. Sin embargo, las inquietudes acerca de la seguridad de las unidades RBMK no sólo se deben a las deficiencias genéricas de diseño, sino también a la calidad del equipo.

La decisión de las autoridades ucranias de cerrar las restantes unidades de Chernobil no es motivo para desatender la necesidad de medidas y readaptaciones a posteriori para su seguridad durante el tiempo de funcionamiento que les queda.

El sarcófago. El sarcófago que se construyó alrededor del reactor destruido contiene actualmente unas 200 toneladas de combustible irradiado y no irradiado, mezcladas con otros materiales en formas diversas, principalmente en forma de polvo. Se estima que la actividad total de estos materiales es de 700 x 10^{15} Bq de radionucleidos de período largo. Durante los últimos 10 años el sarcófago ha cumplido los objetivos establecidos con fines protectores. A largo plazo, sin embargo, su estabilidad y la calidad de su contención son dudosas. El desmoronamiento de la construcción podría originar una emisión de polvo radiactivo y la exposición del personal que trabaja en el emplazamiento a las radiaciones. Ahora bien, incluso en el peor de los casos, no cabría esperar efectos de gran extensión (en un radio de más de 30 km).

Se ha comprobado que el sarcófago es actualmente seguro desde el punto de vista de un fenómeno de criticidad. No puede descartarse completamente la existencia de configuraciones de masas de combustible dentro del sarcófago que pudieran alcanzar un estado crítico si entraran en contacto con agua. Sin embargo, incluso aunque un fenómeno de este tipo produjera niveles de radiación elevados dentro del sarcófago, no cabría esperar emisiones grandes fuera del emplazamiento. Es necesario aclarar los efectos que podría tener una situación de este tipo sobre el personal del emplazamiento.

Las opiniones difieren mucho sobre la importancia del riesgo de accidente en la Unidad 3 de Chernobil a causa del desmoronamiento del sarcófago. Se requieren investigaciones más detalladas sobre este asunto.

La seguridad de las restantes unidades y la estabilidad del sarcófago no son las únicas cuestiones importantes que quedan por resolver en el emplazamiento de Chernobil. Existen otras preocupaciones debidas a las posibilidades de contaminación, especialmente por el material radiactivo enterrado en el emplazamiento. Estas cuestiones están interrelacionadas, por lo que es preciso un enfoque integral para resolverlas. La propuesta de construir una segunda protección por encima del sarcófago debería ser parte de dicho enfoque. Las actividades financiadas por la Comisión Europea en esta esfera han contribuido a lograr ese enfoque integral. Ahora es menester generalizarlo con un aprovechamiento más eficaz de los conocimientos técnicos de las organizaciones competentes de la antigua URSS. Para cerciorarse de la seguridad ecológica del sarcófago son necesarias actividades de investigación y desarrollo de un diseño adecuado.

Un procedimiento basado en consideraciones de costos-beneficios exige adoptar medidas apropiadas, en consonancia con el avance de los estudios y con la situación financiera. La primera medida debería ser la estabilización del sarcófago

existente. Con ello se reduciría significativamente el riesgo de desmoronamiento y se ganaría el tiempo necesario para una cuidadosa planificación de otras medidas (como sería una segunda protección).

Perspectivas y pronóstico

La rehabilitación plena de la zona prohibida no es posible actualmente debido a: la existencia de "puntos calientes" de contaminación cerca de las zonas habitadas; la posibilidad de contaminación radiactiva local de las aguas subterráneas; el riesgo derivado del posible desmoronamiento del sarcófago; y las estrictas restricciones impuestas al régimen de alimentación y al estilo de vida.

Toda estimación del número total de tipos de cáncer mortal y no mortal atribuibles al accidente debería interpretarse con precaución en vista de las incertidumbres inherentes a las suposiciones en que esa estimación debe basarse. Con todo, esas proyecciones ofrecen una perspectiva de la magnitud de los efectos a largo plazo y ayudan a precisar los temas que requieren atención especial, tanto ahora (por ejemplo, la incidencia de la leucemia entre los liquidadores y del cáncer de tiroides entre los niños residentes en zonas "contaminadas") como en el futuro.

Hay una gran discrepancia entre el número de casos de cáncer de tiroides que se manifiestan en los que eran niños en el momento del accidente y el número de casos de dicho cáncer pronosticado sobre la base de modelos estándar de dosimetría del tiroides y de proyección actual de los riesgos. Esta diferencia puede ser resultado de varios factores propios del accidente, no incorporados típicamente en los modelos estándar. Es importante aclarar estas cuestiones así como continuar los programas de detección de tumores tiroideos.

Lo más probable es que continúe, durante varios decenios, el aumento de la incidencia del cáncer de tiroides. Aunque no es posible predecirlo con certeza sobre la base de los datos actuales, el número estimado de casos de cáncer de tiroides que cabría prever entre los que eran niños en 1986 es del orden de unos pocos miles. El número de casos mortales debería ser muy inferior a éste, si el cáncer se diagnostica precozmente y se aplica el tratamiento apropiado. Estas personas deben continuar siendo observadas cuidadosamente de por vida.

Pese a los amplios conocimientos científicos y médicos adquiridos sobre los efectos de las radiaciones, subsisten importantes interrogantes sobre esos efectos en la salud humana. Es necesario seguir impulsando las investigaciones de los efectos biológicos de las radiaciones.

Diferentes factores, como una situación económica difícil, están teniendo un pronunciado efecto sobre la salud de la población en general, incluidos los diversos grupos expuestos a causa del accidente. Las estadísticas de las poblaciones expuestas se están examinando bajo el prisma del evidente aumento general de la morbilidad y la mortalidad en los países de la antigua Unión Soviética, al objeto de evitar la interpretación errónea de estas tendencias atribuyéndolas al accidente.

La forma en que la opinión pública percibe los efectos presentes y futuros del accidente quizás se haya exacerbado con las difíciles circunstancias socioeconómicas existentes entonces en la URSS, las contramedidas que las autoridades tomaron para reducir al mínimo las consecuencias del accidente y la impresión que causan en el público los riesgos derivados de los persistentes niveles de contaminación radiactiva.

La experiencia resultante de anteriores accidentes no relacionados con las radiaciones muestra que los efectos psicológicos pueden persistir largo tiempo. De hecho, diez años después del accidente de Chernobil, la evolución de los síntomas no ha finalizado. Cabe esperar que la importancia de estos efectos disminuya con el tiempo. Sin embargo, el permanente debate sobre los riesgos radiológicos y las contramedidas, junto con el hecho de que ahora se están manifestando los efectos de las exposiciones iniciales (es decir, el aumento significativo del cáncer de tiroides entre los niños), puede prolongar los síntomas. Al evaluar los efectos psicológicos, deben considerarse las consecuencias psicológicas del desmembramiento de la URSS, y todo pronóstico que se haga debe tener en cuenta las circunstancias económicas, políticas y sociológicas de los tres países. Síntomas tales como la ansiedad vinculada al estrés mental pueden ser algunos de los principales legados del accidente.

En vista del bajo riesgo asociado a los niveles de radiación existentes en la mayoría de las zonas "contaminadas", las ventajas de los futuros esfuerzos por reducir aún más las dosis al público pesarían menos que los efectos negativos de índole económica, social y psicológica. Es importante elaborar una estrategia que tenga en cuenta tanto el riesgo radiológico real como las desventajas económicas, sociales y psicológicas con objeto de sacar el mayor beneficio neto en términos humanos. Además, deberían estudiarse medidas que mitiguen los efectos psicológicos.

Perspectivas científicas después de Chernobil:

Informes sobre temas tratados en las reuniones técnicas de la Conferencia Internacional celebrada en Viena 10 años después del accidente de Chernobil

CONSECUENCIAS PARA EL MEDIO AMBIENTE

Informe presentado por la Sra. Mona Dreicer, de los Estados Unidos, quien actuó de Relatora, y el Académico Rudolf Alexakhin, del Instituto de Radiología Agrícola y Agroecología de Obninsk, Federación de Rusia, quien actuó de Vicepresidente de la Sesión monográfica 5: "Consecuencias para el medio ambiente".

Una pregunta que a menudo hacen el público y las autoridades es: "¿Cuál es la opinión de los expertos sobre los daños que el accidente de Chernobil causó al medio ambiente, y qué puede esperarse en el futuro?"

Es difícil contestar con una sola respuesta, atendiendo a las grandes variaciones de los niveles de contaminación ambiental, la carencia de una unidad de medida común con la cual exponer las diversas consecuencias para el medio ambiente, y la amplia gama de posibles interpretaciones de las consecuencias. Tradicionalmente, en materia de protección radiológica se considera que el medio ambiente natural está protegido si la población humana está protegida. Por eso, en la mayoría de los casos, las consecuencias se analizan únicamente desde el punto de vista de su impacto sobre las personas. Esa es la razón por la que en los últimos diez años se han estudiado con perseverancia los métodos más eficaces para limitar el curso natural de la transferencia de radionucleidos en el medio ambiente (mediante las llamadas contramedidas). Al mismo tiempo que se ha proporcionado información importante para la formulación de una política de protección radiológica para las zonas afectadas por el accidente, se han hecho progresos en investigaciones radioecológicas fundamentales.

En este informe se presenta un breve resumen de estimaciones recientes de las primeras liberaciones al medio ambiente debidas al accidente de Chernobil, los efectos del aumento de los niveles de radiación observados en las plantas y los animales en zonas aledañas al emplazamiento, y el transporte de radionucleidos en el medio ambiente.

Estimaciones recientes de las liberaciones radiactivas. Diversas estimaciones coinciden ampliamente en cuanto a la liberación inicial al medio ambiente provocada por el accidente. La mayor parte del material liberado consistió en radionucleidos de período corto. Las liberaciones al medio ambiente de algunos radionucleidos importantes desde el punto de vista radiológico (yodo 131, cesio 134 y cesio 137) se calculan ahora en un factor de dos a tres mayor que en 1986, a saber, 2 exabequerelios (EBq), 50 petabequerelios (PBq) y 90 PBq, respectivamente. No obstante, la reevaluación del término fuente no ha repercutido en la evaluación de las dosis individuales, que se basaron en las mediciones medioambientales o las mediciones corporales totales realizadas en las zonas afectadas. El total de material radiactivo todavía presente en el medio ambiente al cabo de 10 años se ha desintegrado en unos 80 PBq de radionucleidos de período largo, principalmente el cesio 137 y el estroncio 90, o sea, un 1% de la cantidad total liberada. *(Véase el cuadro de la página siguiente.)*

Las pautas generales de contaminación debida a estos radionucleidos de período largo no han variado en lo fundamental en el último decenio, al registrarse un transporte secundario de material relativamente pequeño. Las partículas de combustible radiactivas liberadas por el reactor son uno de los factores de este accidente que lo diferencian del material de la precipitación radiactiva provocada por los armamentos. Cerca del reactor, estas partículas están empezando a desintegrarse y es necesario realizar nuevos estudios para comprender su distribución definitiva en el medio ambiente.

Efectos directos en las plantas y los animales. Inmediatamente después del accidente, las dosis más altas fueron recibidas por las plantas y los animales dentro de un radio de 30 kilómetros del reactor. Los niveles de contaminación alcanzaron en general varias decenas de megabequerelios (MBq) por m^2 (miles de Ci/km^2) en algunas localidades y las dosis externas procedentes de los radionucleidos de período corto recibidas por la vegetación y los animales pequeños en el primer mes habrían sido por lo tanto del orden de varias decenas de gray (Gy). En el otoño de 1986, la tasa de dosis en la superficie del suelo se redujo en un factor de 100 del valor inicial.

Efectos sociales, sanitarios y ecológicos

***Arriba*: Un castaño florecido dentro de la zona prohibida de 30 km. *Derecha*: Allí donde se talaron los bosques después del accidente, se están regenerando nuevos árboles cerca de la central de Chernobil, que se perfila en el horizonte.** *(Cortesía: Eric Voice)*

Material radiactivo residual en el medio ambiente mundial como resultado del accidente de Chernobil en abril de 1986

Radionucleido significativo	Liberado en 1986 (PBq)	Restante en 1996 (PBq)	Restante en 2056 (PBq)
I-131	1200-1700	0	0
Sr-90	8	6	1,5
Cs-134	44-48	1,6	0
Cs-137	74-85	68	17
Pu-238	0,03	0,03	0,03
Pu-239	0,03	0,03	0,03
Pu-240	0,044	0,044	0,2
Pu-241	5,9	3,6	0,2
Am-241**	0,005	0,08	0,2

*1PBq = 10^{15} Bq. Estimación de la desintegración de las liberaciones ajustadas al 26 de abril de 1986, día del accidente.

**La actividad del americio 241 en 1996 ha aumentado en relación con 1986, ya que es un nucleido descendiente del plutonio 241 (período de semidesintegración de 14 años). Este aumento ha de tenerse en cuenta en cualquier pronóstico radiológico; sin embargo, las dosis de americio 241 no excederán de las dosis actuales de otros radionucleidos.

Las radiolesiones directamente recibidas por plantas y animales fueron notificadas sólo en zonas locales dentro de la zona prohibida de 30 km. Distintos organismos del medio natural estuvieron expuestos a altas dosis, y algunos ecosistemas radiosensibles recibieron dosis letales. Estos efectos letales se observaron en los bosques de coníferas de las zonas más cercanas y en algunos mamíferos pequeños.

En algunos animales se observaron efectos directos graves de las altas dosis de radiación, pero no siempre influyeron significativamente en la modificación de la salud general de la población. Por ejemplo, las vacas que se alimentaron de pastos contaminados cercanos al reactor en la etapa inicial después del accidente, recibieron dosis en el tiroides del orden de cientos de Gy, lo que provocó la atrofia y total necrosis del tiroides. En el caso de otros ecosistemas, algunas plantas y animales, no se observaron efectos letales.

En la mayoría de los casos, las poblaciones de plantas y animales afectadas por las radiaciones volvieron a la normalidad algunos años después. Como ejemplo de ello puede citarse una extensión de 3000 hectáreas alrededor de la central: en 1988-1989, las coníferas dañadas habían recuperado sus funciones reproductivas, y hoy día parece probable que se recuperarán plenamente. Las tasas de dosis crónica de algunas zonas dentro de la zona prohibida de 30 km quizás hayan reducido la fecundidad de los animales de algunas especies, pero parece que otras poblaciones de animales ya se han recuperado. La importancia de los cambios observados en la salud a largo plazo de las poblaciones específicas es difícil de determinar en este momento.

En 1988-1989 los medios de comunicación informaron graves defectos congénitos en animales de labranza fuera de la zona de 30 km; sin embargo, se demostró que la frecuencia de estos defectos notificados era similar en regiones muy contaminadas y regiones no contaminadas de Ucrania, lo que llevó a

la conclusión de que los defectos no se debían al aumento de la dosis de radiación. No se ha vuelto a informar sobre efectos graves observados en animales de granja.

Ha habido algunos informes del daño causado a cromosomas del mitocondrio que han sido transmitidos a los descendientes en zonas con elevadas tasas de dosis, pero otras pruebas corroboran la recuperación general del daño radioinducido. Hoy día, no existe consenso en cuanto a las posibles consecuencias hereditarias a largo plazo para las plantas y animales de lugares donde las dosis fueron muy altas.

Diez años después, las principales fuentes de radiación crónica de dosis baja son los radionucleidos de cesio que aún quedan. La dosis externa en algunos lugares aislados todavía puede ser del orden de 1 mGy diario; no obstante, incluso en la zona de 30 km, el medio natural parece estar recuperándose. A resultas de la reubicación de las personas de esta zona, se han producido algunos cambios en las cantidades y en la variedad de las comunidades de animales y plantas, pero estos cambios han sido provocados por el desuso de la tierra, y no por los efectos de las radiaciones. Algunas poblaciones naturales han medrado como resultado de la falta de interferencia humana. No se han encontrado pruebas de que alguna especie de plantas o animales haya desaparecido de manera permanente de las zonas más contaminadas, salvo en los lugares donde las actividades de descontaminación incluyeron la eliminación de los suelos y alteraron de manera radical el ecosistema.

Contaminación en el medio ambiente. En el medio seminatural, los factores clave que limitan la migración de los radionucleidos de la capa vegetal a las plantas en los ecosistemas de las praderas son la arcilla, el contenido orgánico del suelo y la humedad del suelo. En general, la actual tasa de migración es lenta y sostenida, y se prevé que continuará así en los decenios venideros, incluso cuando el nivel de material radiactivo del suelo disminuya. Aunque la transferencia de estroncio 90 es más rápida que la de cesio 137, la influencia de los distintos tipos de suelo es similar. Esta tasa de transferencia es un factor importante que se ha de tener en cuenta al adoptar las decisiones relativas al uso a largo plazo de las praderas como fuente de pastos para las reses.

Hoy día, prácticamente toda la contaminación de los ecosistemas forestales se encuentra en la capa vegetal. En los árboles, el cesio radiactivo se concentra en los nuevos anillos de crecimiento debido a la transferencia desde el suelo a través de las raíces. Ello no constituye un problema importante, pero aumentará la concentración de cesio 137 en la madera. No se ha encontrado ninguna contramedida eficaz en función de los costos que reduzca esta transferencia.

Los animales de caza que pastan en prados seminaturales, bosques o zonas montañosas y los alimentos silvestres que consumen las personas, como las bayas y las setas, seguirán mostrando niveles elevados de cesio 137 en los próximos decenios. Estos alimentos pueden estar todavía contaminados por encima de los estrictos límites establecidos nacionalmente en zonas de Belarús, Ucrania y Rusia, así como en los países nórdicos y el Reino Unido. El cesio 137 de estas zonas se seguirá transfiriendo a los productos alimentarios por más tiempo que a los medios agrícolas.

Desde 1986, en el medio agrícola se ha demostrado la aplicación eficaz de contramedidas que han dado por resultado importantes reducciones de cesio y estroncio en los alimentos. El nivel de contaminación, el tipo de suelo, la humedad del suelo y el tipo de cultivo son importantes factores influyentes. Por ejemplo, en dependencia del tipo de suelo, el factor de transferencia pasto-leche varía en varios cientos, lo que ilustra claramente que la aplicación adecuada de estas medidas depende mucho del lugar. Entre las contramedidas agrícolas relativamente sencillas, baratas y acertadas figuran el arado profundo de los suelos de superficie contaminados; la adición de fertilizantes u otros productos químicos a las tierras agrícolas; el cambio de cultivo; el cambio de regímenes de alimentación y los tiempos de sacrificio del ganado; el uso de salegares y bolos impregnados de "Azul de Prusia" para reducir la transferencia de cesio al ganado; y la reubicación de animales en pastizales no contaminados. *(Véase el artículo conexo en la página 38 del presente número.)*

Los ecosistemas acuáticos han demostrado ser tolerantes a la contaminación radiactiva que se concentra gradualmente en los sedimentos. Incluso en la piscina de desactivación de la central nuclear de Chernobil, sólo determinadas poblaciones fueron afectadas, y no se han documentado efectos directos a largo plazo producidos por las radiaciones. La cantidad de material radiactivo que llegó a los sistemas acuáticos de agua dulce fue pequeña en comparación con la cantidad total que se depositó. Los niveles de actividad en las aguas de superficie disminuyeron drásticamente un mes después del accidente. A pesar de la opinión que tiene el público, los niveles de contaminación actuales de los embalses están muy por debajo de los criterios que indican la degradación de la calidad del agua. Sin embargo, los peces pueden acumular radionucleidos y tal vez sea necesario adoptar contramedidas en algunos lugares (incluso en países lejanos como Suecia).

Conclusiones. Cabe concluir que, en presencia de altos niveles de radiación, el medio ambiente natural mostró efectos a corto plazo en algunas zonas con altas tasas de dosis, pero queda por ver si existen repercusiones a largo plazo importantes; y que pueden adoptarse contramedidas eficaces para reducir la transferencia de contaminación del medio ambiente a la población humana, pero estas han de ajustarse bien a las condiciones específicas de cada lugar y ser evaluadas desde el punto de vista de su utilidad práctica. Si las contramedidas agrícolas se aplican de manera conveniente, la principal fuente de dosis futuras será la recolección de alimentos y las actividades recreativas en ecosistemas naturales y seminaturales.

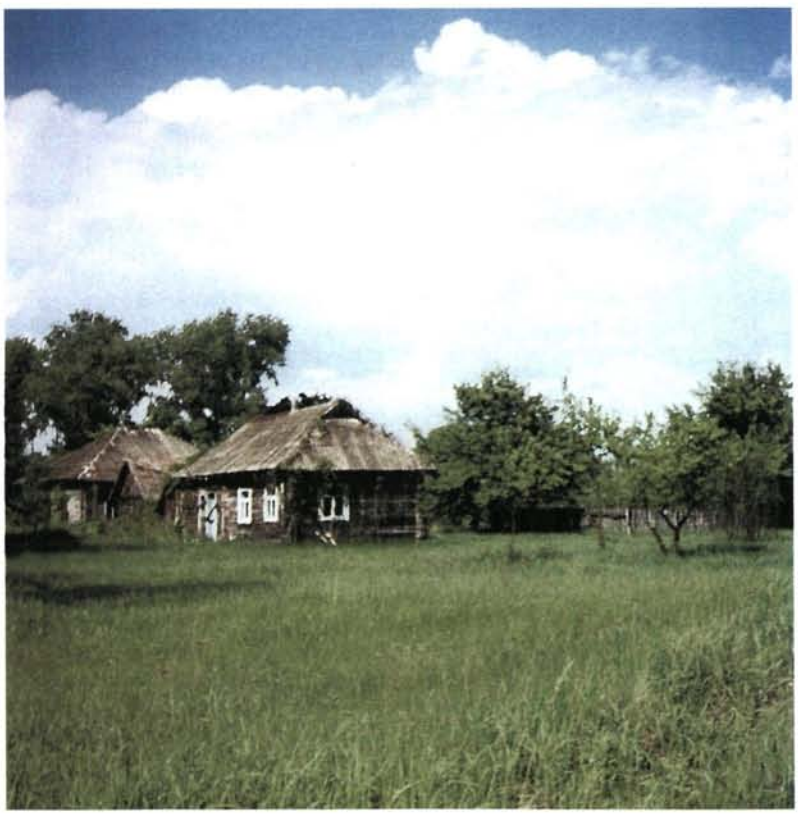
EFECTOS SOCIALES Y PSICOLOGICOS

Informe presentado por la Sra. Britt-Marie Drottz-Sjöberg, del Centro de Investigación de Riesgos, de Suecia, quien actuó de Presidenta de la Sesión monográfica 4: "Otros efectos relacionados con la salud: Consecuencias psicológicas, estrés y ansiedad"; y por G.M. Rumyantseva, del Centro Serbsky de Psiquiatría Social y Legal de Moscú; A.I Nyagu, del Instituto de Medicina Radiológica de Kiev, Ucrania; y L.A. Ageeva, del Instituto de Sociología de Minsk, Belarús.*

El Proyecto de Estudio Conjunto 2 –colaboración entre investigadores de Europa y la Comunidad de Estados Independientes (CEI) financiada por la Comisión Europea– se inició en 1991-1992 y concluyó en 1995. Una parte de la investigación se centró en los efectos sociales y psicológicos del accidente de Chernobil.

Varias investigaciones estuvieron destinadas a caracterizar las reacciones provocadas por el accidente de Chernobil en las personas directamente afectadas, es decir, las que vivían en zonas con distintos niveles de contaminación y las que habían sido reasentadas a consecuencia del accidente. Estos grupos se compararon con grupos de control que vivían en zonas no afectadas radiológicamente. Las entrevistas y encuestas se centraron en las reacciones psicológicas, incluidos el estrés, las experiencias de autocontrol, los sentimientos comunes, y las percepciones del riesgo relacionadas con diferentes tipos de peligros. Asimismo abordaron, por ejemplo, los grados de confianza en las fuentes de información, la autoevaluación de los conocimientos sobre las radiaciones, el grado percibido de contaminación radiactiva de la zona de residencia, y los niveles de vida. Las investigaciones comprendieron un total de 5000 personas.

Estudios anteriores habían revelado que los problemas psicológicos asociados con el accidente de Chernobil no disminuían con el tiempo. Las personas estuvieron expuestas a riesgos reales y, con frecuencia, los reasentados fueron quienes refirieron los mayores riesgos. Las respuestas a una pregunta sobre la capacidad para autoprotegerse de la contaminación radiactiva fueron en general desalentadoras. No obstante, las personas mostraron interés por ampliar sus conocimientos sobre las



Dentro de la zona de 30 Km, algunos residentes que siempre vivieron cerca de Chernobil han regresado a sus hogares, de donde fueron evacuados a raíz del accidente en 1986. Otros que fueron realojados no han regresado, dejando sus antiguas viviendas, granjas y huertos abandonados. *(Cortesía: Eric Voice.)*

* Este resumen se basa en "La influencia de los factores sociales y psicológicos en la gestión de los territorios contaminados" de la Sra. Drottz-Sjöberg; G.M. Rumyantseva; P.T. Tallen, del Instituto Robens de la Universidad de Surrey, Reino Unido; H.V. Arkhangelskaya, del Instituto de Higiene Radiológica de San Petersburgo, Rusia; A.I. Nyagu; L.A. Ageeva; y V. Prilipko, del Instituto de Medicina Radiológica de Kiev, Ucrania. La memoria se presentó en la Conferencia de Minsk, sobre "Las consecuencias radiológicas del accidente de Chernobil" celebrada del 18 al 22 de marzo de 1996.

radiaciones y la contaminación radiactiva. Las inquietudes giraron en torno a los riesgos para la salud debidos a la contaminación radiactiva, pero también hubo gran preocupación por las dificultades de la vida cotidiana, que aumentaban el estrés. En las zonas contaminadas, los factores relacionados específicamente con las radiaciones también influyeron; como por ejemplo, el conocimiento que las personas creían tener sobre las radiaciones ayudó a reducir el estrés.

Asimismo, el grado en que las personas creían poder influir en la dosis de radiación que recibirían también disminuyó el estrés. El resultado reveló, además, que las personas propensas a creer en la influencia del destino tuvieron, de cierta forma, más probabilidades de recibir dosis más altas que las demás. Quienes se reasentaron voluntariamente y consideraban justificado el reasentamiento mostraron los niveles más bajos de angustia. Quienes lo hicieron en contra de su voluntad y sin comprender la razón del realojamiento mostraron la peor reacción. En general, la confianza en las fuentes de información era escasa, pero los expertos extranjeros gozaban de mayor aceptación que los nacionales, y se confiaba más en las instituciones de promoción de la salud que en los diversos organismos políticos.

Los que prestaban más atención a los medios de información también mostraron un grado de preocupación mayor. Un análisis de periódicos seleccionados de Rusia, Ucrania y Belarús en diferentes momentos, mostró, como característica común, que la gran mayoría de los artículos eran escritos por periodistas. Los materiales escritos por expertos, especialistas y autoridades fueron mucho menos frecuentes, aunque se publicaron en alguna medida en 1986 y luego otra vez a partir de 1989-1990. Otra característica común fue que en 1986 y 1987 los materiales de prensa tendían a tener un contenido tranquilizante. Fue aproximadamente a partir de 1990 que comenzaron a aparecer con más frecuencia materiales inquietantes. La aparición de estos últimos alrededor de 1990 se ha interpretado como un reflejo del clima político de incertidumbre imperante en el momento de la desintegración de la URSS y las campañas electorales.

El estudio reveló, además, diferencias en las reacciones respecto del accidente y en las necesidades de la población, que cambiaban con el tiempo. Aparentemente están acentuándose las diferencias entre los grupos poblacionales directamente afectados y los otros. Al parecer, a corto y mediano plazos, surgen necesidades similares de información, de recomendaciones en materia de conducta, y de atención médica.

No obstante, a largo plazo, nuestros resultados muestran la importancia de estar preparados para el surgimiento de nuevas necesidades derivadas de las propias contramedidas, como por ejemplo, el realojamiento. Los resultados indican que existe una relación entre la voluntariedad o la decisión personal y una menor angustia psicológica. En Rusia, las estrategias de realojamiento parecen haber alterado la perspectiva psicológica, y disminuido el estrés. Esta política se aplicó por etapas, básicamente con carácter voluntario, y se generalizó con el tiempo. Ella estuvo acompañada de beneficios financieros considerables y facilitó el mantenimiento de redes sociales. En lo que respecta a la organización de la atención médica, puede que sea necesaria la preparación para realizar una pesquisa médica en gran escala inmediatamente después de un accidente radiológico, aunque la estrategia a mediano plazo podría abarcar otras opciones que se alejen de las normas obligatorias, como por ejemplo, servicios de asesoramiento o de medición de la dosis personal o de productos alimenticios. La gestión a largo plazo de los riesgos para la salud podría ajustarse a las necesidades específicas de los grupos afectados y vulnerables.

De igual forma, al parecer el apoyo financiero y las estrategias de indemnización cobran mucha importancia a corto y mediano plazos, pero, a largo plazo, pueden poner en peligro los efectos positivos si crean dependencia en lugar de aumentar la autosuficiencia. Una de las enseñanzas del realojamiento, que rara vez se aborda, es la relativa a la información y el apoyo a las comunidades que acogen a nuevos miembros. Aunque los realojados pueden recibir viviendas recién construidas, de todas formas repercuten en la comunidad local. El bienestar de la comunidad podría aumentar si la gestión de riesgos a largo plazo incluye una revisión de los recursos comunes y ayuda a conciliar necesidades comunes.

Los resultados de las investigaciones deben relacionarse con los cambios introducidos por la política de *perestroika* y *glasnost*, y con el aumento de la incertidumbre social de mediados del decenio de 1980 y principios del de 1990. El accidente de Chernobil marca la separación entre un sistema social de más de 70 años de existencia y una nueva era. Es por ello que su importancia quedará grabada por mucho tiempo como algo sobresaliente en la mente de las personas. Las reacciones de las poblaciones ante un accidente radiológico pueden tener efectos emocionales, sociales y económicos duraderos en una comunidad o sociedad. Si esas reacciones se comprenden mejor, el conocimiento facilita una mejor gestión de riesgos, una mitigación de riesgos eficaz, un uso óptimo de los recursos financieros, y la evitación del sufrimiento innecesario. Nuestros estudios empíricos aportan nueva información y conocimientos gracias a la amplitud de las investigaciones y análisis detallados de grupos específicos. Se utilizaron grupos de control para lograr el ajuste a los cambios sociales y políticos generales más importantes. El proyecto también ha demostrado la viabilidad de investigar las experiencias personales de los ciudadanos en aras de resolver las necesidades concretas de hoy y facilitar la planificación futura. Asimismo, la cooperación internacional y el intercambio personal de experiencias e informaciones han contribuido al conocimiento de esta investigación.

EFECTOS OBSERVADOS CLINICAMENTE

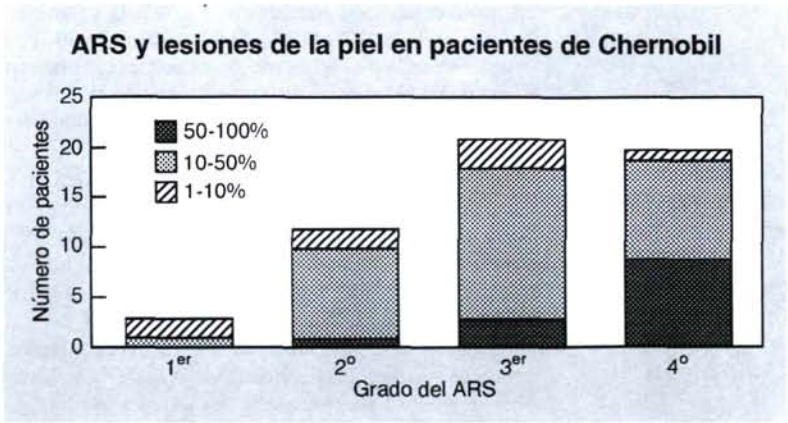
*Informe presentado por Gerard Wagemaker, de la Universidad Erasmus, de la Comisión Europea, quien actuó de Relator de la Sesión monográfica 1: "Efectos observados clínicamente" y por Angelina K. Guskova, del Instituto de Biofísica de Moscú, Rusia, quien fue Vicepresidenta de la Reunión; y Vladimir G. Bebeshko, del Centro Científico de Medicina de las Radiaciones, de Kiev, Ucrania, y Nina M. Griffiths, del IPSN de Fontenay aux Roses, Francia, ambos miembros del Comité de Expertos de la Sesión.**

Cuando las dosis de radiación recibidas por los tejidos del organismo de un mamífero son muy elevadas, puede producirse una pérdida parcial o total de las funciones. En casos extremos, puede producirse la muerte total del tejido. Si el tejido es vital, puede sobrevenir la muerte. Han ocurrido muchos accidentes con fuentes de radiación que han causado lesiones locales graves, que a veces han exigido la amputación de extremidades.

Entre las víctimas del accidente de Chernobil hubo personas que quedaron expuestas accidentalmente a altas dosis de radiación. Tales exposiciones —que afectan de manera aguda y severa la producción de células de la sangre, la resistencia a las infecciones y las funciones intestinales— pueden dar lugar a lesiones graves de la piel. El conjunto de síntomas de enfermedad derivados de esas exposiciones se conoce como "síndrome de radiación agudo" o ARS. Sus síntomas más comunes son al principio náuseas, vómitos y diarrea y, más tarde, sangramiento e infecciones generalizadas con fiebre alta, a menudo ocasionadas por microorganismos que normalmente no son dañinos. Si no se trata, el ARS es letal, incluso después de dosis de radiación que no son obligadamente incompatibles con la supervivencia del organismo humano y que por lo regular se usan en la medicina clínica para tratar algunas formas de cáncer. En un accidente, el daño radioinducido suele complicarse aún más a causa de otra lesión, como las quemaduras producidas por el calor.

El accidente de Chernobil hizo que se sospechara que un total de 237 personas padecían del ARS. El diagnóstico fue confirmado en 134, de las cuales 41 sufrían de ARS leve (de 1er grado); todas sobrevivieron; otro caso todavía está sin definir. Cincuenta pacientes tenían ARS de 2° grado, de los cuales uno murió. Veintidós pacientes tenían ARS de 3er grado, de los cuales siete murieron. De los 21 pacientes más gravemente afectados, que padecían de ARS de 4° grado, todos murieron excepto uno. En este grupo, las lesiones gastrointestinales fueron el problema más grave entre los pacientes que recibieron dosis mayores de 10 Gy, y provocaron cambios tempranos y letales en las funciones intestinales. La muerte de 26 pacientes ocurrida en los primeros tres meses posteriores a la exposición estuvo asociada a lesiones de la piel que abarcaron más del 50% de la superficie total del cuerpo. En general, pareció existir una relación entre el ARS y la zona de la piel dañada, lo que indicó que casi todos los pacientes gravemente afectados sufrieron lesiones mixtas. *(Véase el gráfico.)*

El accidente en la central nuclear de Chernobil provocó una exposición a cantidades elevadas de radiación beta (tanto de contaminación como de incorporación), lo que dio lugar a un cuadro clínico de complicación diferente de la experiencia en Hiroshima y Nagasaki. Desde el principio, una de las características más impresionantes fue el gran número de pacientes con lesiones radioinducidas en la piel y las membranas mucosas, en especial del tracto digestivo y respiratorio superior debidas a la contamina-



Paciente con lesiones mientras recibe tratamiento en el Instituto de Biofísica de Moscú en el marco del programa apoyado por el OIEA.
(Cortesía: Wagemaker/EC)

* Los autores desean expresar su agradecimiento por el material suministrado por Alexander A. Baranov, del Centro Estatal de Investigaciones, del Instituto de Biofísica de Moscú, Rusia; John W. Hopewell del Instituto de Investigaciones de la Universidad de Oxford, Reino Unido; Ralf U. Peter, del Departamento de Dermatología de la Universidad Ludwig-Maximilians, Munich, Alemania; y T.M. Fliedner, del Departamento de Fisiología Clínica y Medicina del Trabajo de la Universidad de Ulm, Alemania. Las investigaciones fueron apoyadas en parte mediante contratos de Seguridad de la Fisión Nuclear de la Comisión de las Comunidades Europeas.

ción con isótopos emisores de rayos beta y gamma, como el cesio 137, el cesio 134 y el estroncio 90. Las lesiones de la piel y/o la mucositis orofaríngea fueron una de las principales causas de muerte de los pacientes que fallecieron como consecuencia inmediata del accidente.

Los pacientes que sobrevivieron al ARS han pasado todos por una experiencia traumática con grandes lesiones físicas y largos períodos de convalecencia. Algunos quedarán marcados por su trauma para toda la vida, tanto desde el punto de vista psicológico como somático, lo mismo que ha sucedido con las víctimas de otros accidentes graves. Aunque la inhibición total de la médula ósea puede haber quedado resuelta en un par de meses, la reconstitución plena de las funciones inmunológicas puede tomar al menos seis meses y no normalizarse hasta varios años después de la exposición. Esto no significa necesariamente que el sistema inmunológico de estos pacientes esté debilitado desde el punto de vista funcional.

En el caso de los pacientes con lesiones graves de la piel complicadas por la cirugía y heridas que no sanan fácilmente, el largo período de recuperación puede causar estrés crónico. Cabe esperar también que estos pacientes presenten índices de estrés bioquímico elevados. En los hombres, la recuperación reproductiva puede ser muy lènta y en los rangos de dosis más altas, la disminución de la fecundidad puede ser un efecto permanente. Varios componentes del ojo son bastante sensibles a las radiaciones, y los pacientes en particular pueden empezar a padecer de cataratas años después de la exposición. Tras la exposición a altas dosis de radiación, los problemas cardiovasculares y los gastrointestinales tardíos pueden ocasionar muchas molestias.

Después de la fase aguda del accidente, 14 de los 237 pacientes murieron en el pasado decenio. Su muerte no está relacionada con la gravedad inicial del ARS y es probable que, en la mayoría de los casos, no se pueda considerar como un resultado directo de la exposición a las radiaciones, aunque es difícil excluir una consecuencia del accidente. De hecho, cinco de estos 14 pacientes no padecieron del ARS en primera instancia, y es posible que hayan recibido sólo dosis de radiación muy bajas.

Un médico del Japón examina a un niño en un poblado cercano a la central de Chernobil durante el Proyecto Internacional de Chernobil de 1990. *(Cortesía: Mettler/EE.UU.)*

El resto de los pacientes que han padecido del ARS tienen en general un estado de salud aceptable y están sometidos a vigilancia periódica. Hay suficientes pruebas de que es posible mejorar la calidad de vida de los pacientes sobrevivientes. Al menos los pacientes más gravemente afectados en la actualidad sufren múltiples dolencias, y necesitan tratamientos avanzados y medidas preventivas secundarias; además, su salud mental podría estar por debajo de los niveles óptimos. Por lo tanto, es preciso hacer más en el futuro para distinguir, dentro de los cuadros clínicos que se presenten, los casos que sean atribuibles a la exposición a las radiaciones de los que se deben a factores causantes de confusión, inherentes a la población. Es preciso asegurar la observación ulterior de estos pacientes durante los próximos dos o tres decenios, la cual debe ser preferentemente coordinada por un centro único de elevada competencia desde el punto de vista clínico y de investigación.

Los casos de Chernobil nos han enseñado que había mucho (y todavía queda mucho) por mejorar en la gestión clínica del ARS en situaciones de accidente complicadas en general por lesiones de la piel radioinducidas y lesiones no relacionadas con las radiaciones. Sin duda los pacientes de ARS, y los de graves lesiones de la piel recibieron el mejor tratamiento posible, con arreglo a los conocimientos de entonces, en el centro de mayor experiencia que existía.

La terapia de trasplante de médula ósea que se recomendó en aquel momento benefició poco a los pacientes más gravemente afectados. Con los conocimientos actuales, esto es comprensible. En cualquier accidente futuro, es inconcebible que se practique el trasplante de médula ósea que se practicó en los casos más graves del accidente de Chernobil. Ya se dispone de nuevos agentes, en particular un grupo de citokinas conocidas colectivamente como factores de crecimiento hemopoyéticos, que son capaces de estimular la recuperación de la sangre y del sistema inmunológico.

La lesión de la médula ósea podrá tratarse mejor en los casos futuros mediante la rápida administración de factores de crecimiento hemopoyéticos, pese a que aún queda por determinar la combinación y la dosificación óptima. Sin embargo, es muy probable que gracias a los adelantos registrados en el trasplante de células derivadas de la sangre y la determinación de los grupos de tejidos orgánicos, el trasplante se siga considerando como una medida de apoyo a la salvación de vidas, en especial en los casos en que la lesión de la médula ósea es demasiado grave para esperar una respuesta eficaz a la terapéutica más moderna. Asimismo, para otros daños radioinducidos, los nuevos instrumentos de diagnóstico pueden facilitar un pronóstico más exacto y tratamientos más adaptados a cada caso particular.

EFECTOS EN EL TIROIDES

Informe presentado por el profesor E.D. Williams, de la Universidad de Cambridge, Reino Unido, quien actuó de Secretario Científico; el profesor A. Pinchera, de la Universidad de Pisa, Italia, quien actuó de Presidente de la Sesión monográfica 2: "Efectos en el tiroides"; y el profesor D. Becker, del Cornell Medical Center de los Estados Unidos de América; el profesor E.P. Demidchik, del Instituto Estatal de Medicina de Belarús; el profesor S. Nagataki, de la Escuela de Medicina de la Universidad de Nagasaki, Japón; y el profesor N.D. Tronko, del Instituto de Endocrinología y Metabolismo de Ucrania, todos miembros del Comité de Expertos de la Sesión.

La población de la zona aledaña a Chernobil, particularmente al sur de Belarús y al norte de Ucrania, estuvo expuesta a elevados niveles de precipitación radiactiva debida al accidente de Chernobil, incluidas grandes cantidades de yodo radiactivo. Como la glándula tiroides concentra yodo, ésta estuvo expuesta a niveles más elevados de radiación que otros tejidos corporales. El radisótopo del yodo, el yodo 131, se ha utilizado ampliamente y sin riesgos en el tratamiento de la tirotoxicosis. Por tanto, la notificación del aumento de los casos de carcinoma del tiroides en niños de las zonas expuestas a la precipitación radiactiva de Chernobil resultó sorprendente para algunas personas debido a que no se había observado anteriormente la presencia de carcinoma del tiroides en pacientes tratados con yodo radiactivo, y al muy corto plazo (cuatro años) entre la exposición y el comienzo del aumento.

En el presente informe se analiza la magnitud del aumento de casos de carcinoma del tiroides después de tener en cuenta las evidencias de que ese aumento se relaciona con la exposición a la precipitación radiactiva de Chernobil, el isótopo o isótopos causantes, y los probables efectos futuros.

El accidente de Chernobil fue la primera vez que un amplio sector de la población estuvo expuesto a altos niveles de precipitación radiactiva. Las cantidades de material radiactivo liberado fueron enormes, y uno de los principales componentes fue el yodo 131. También se liberaron isótopos de yodo de período muy corto. Aunque no se dispone de datos directos sobre la incorporación de esos isótopos, las mediciones de la incorporación de yodo 131 se efectuaron después del período de máxima incorporación.

Las dosis absorbidas estimadas de yodo 131 en el tiroides en diferentes asentamientos, que no son necesariamente representativos de todo el distrito, oscilaron entre 790 y 2400 mGy en los niños, y entre 190 y 370 mGy en los adultos. La exposición a los isótopos de yodo de período corto aumenta esta cifra en una cantidad desconocida, por lo que puede ser necesario volver a calcular las estimaciones iniciales de la dosis en el tiroides. Algunos estudios indican que la dosis media en la región de Gomel en niños de 0 a 7 años fue de alrededor de 420 mGy, mientras que las dosis notificadas en la reciente evaluación de la Agencia para la Energía Nuclear muestran que la dosis media en niños de 0 a 7 años evaluados en la región de Gomel fue de cerca de 1 Gy, y más del 9% con dosis que variaban entre 10 y 40 Gy.

En los primeros cuatro años posteriores al accidente, los casos anuales de cáncer de tiroides infantil en Belarús nunca llegaron a diez, mientras que en 1990 se diagnosticaron 29 casos, 79 en 1993 y 82 en 1994. En el momento de la operación médica, casi la mitad de los casos mostraron invasión directa de los tejidos circundantes, mientras las dos terceras partes tenían metástasis del ganglio linfático. Sólo se han observado cuatro casos en niños nacidos después de 1986, aunque cabe recordar que no tenían más de ocho años en 1994.

En el Instituto de Endocrinología de Kiev, Ucrania, se diagnosticaron de ocho a 11 casos anuales de cáncer de tiroides infantil durante los primeros cuatro años después del accidente. Sin embargo, la cifra se elevó a 26 en 1990 y a 43 en 1993, mientras en 1994 hubo 39 casos. De ellos, el 60% mostró invasión de los tejidos blandos durante la intervención quirúrgica, y había metástasis del ganglio linfático en igual por ciento de los casos. Sólo uno de los 114 casos confirmados que recibieron atención en el Instituto, fue un niño nacido después de 1986. En Rusia, se notificó un solo niño con cáncer de tiroides en la región de Bryansk entre 1986 y 1989, mientras que de 1990 a 1994 se comunicaron 23 casos de carcinoma del tiroides en niños que tenían menos de 15 años en el momento del diagnóstico.

Un estudio reciente sobre el diagnóstico histológico del cáncer de tiroides en Belarús arrojó un 98% de coincidencia en 134 casos estudiados conjuntamente por personal del Instituto de Patología de Belarús y el Departamento de Histopatología de Cambrigde. Del total de 298 casos atendidos en el Instituto de Patología de Belarús entre 1990 y 1994, el 98% fueron carcinomas papilares, 1,3%, carcinomas foliculares, y 0,3% carcinomas medulares.

Los resultados del estudio de los casos de Ucrania fueron notablemente similares a los de Belarús. De los 122 casos de cáncer de tiroides diagnosticados en niños menores de 15 años en el Instituto de Endocrinología de Kiev de 1990 a 1994, se han estudiado conjuntamente 114 casos en Kiev y Cambridge, y el diagnóstico coincidió en más del 97% de ellos. De los casos de cáncer en que hubo coincidencia de diagnóstico, el 94% fueron de tipo papilar; el 2% medular; y el 4%, carcinomas foliculares. Los patólogos de los RAMS en Obninsk y Cambridge han estudiado material de diez casos de cáncer de tiroides infantil de las zonas contaminadas de las regiones de Bryansk, Kaluga o Tula en Rusia. En un caso, no se

observó ningún tumor en el material disponible para el estudio, los nueve casos restantes eran carcinomas papilares, incluido un microcarcinoma papilar. En general, estos resultados confirman los diagnósticos de tumores malignos del tiroides que se efectuaron en el CIS. También demuestran que aunque los tipos de cáncer de tiroides infantil que se observan en las zonas expuestas son iguales a los que se detectan en una población no prevista, los tipos distintos de carcinoma papilar constituyen sólo una proporción muy pequeña de los casos de las zonas expuestas.

Los resultados de los estudios biologicomoleculares indican un estrecho vínculo entre el tipo de oncogén involucrado y el tipo patológico de tumor detectado, de modo que el aumento de la frecuencia del carcinoma del tiroides en niños de zonas aledañas a Chernobil es un aumento de un tipo específico de tumor de tiroides, el carcinoma papilar, relacionado en muchos casos con reajustes en un oncogén determinado, el ret. No se ha demostrado un aumento en la activación de los otros tipos de oncógenes estudiados que tienen una conocida relación con la carcinogénesis de tiroides, los tres genes ras, el TSHr y el p53.

En Belarús, la región de Gomel, que linda con Ucrania cerca de Chernobil, recibió la exposición más elevada a la precipitación radiactiva. De 1990 a 1994, se registró un total de 172 casos en niños de Gomel, cuya población infantil del momento era de 0,37 millones, en comparación con 143 casos en el resto de Belarús, donde viven 1,96 millones de niños. Por consiguiente, las tasas brutas de cáncer de tiroides infantil en Gomel desde 1990 hasta 1994 fueron de 92 por cada millón de niños al año, y para el resto de Belarús, de 14,6 por cada millón de niños al año.

Del mismo modo en Ucrania, las regiones septentrionales que limitan con Belarús recibieron una exposición mucho más elevada que el resto de Ucrania. En el período de 1990 a 1994 se registró un total de 112 casos en las seis regiones contaminadas, con una población de 2 millones de niños, y 65 casos en el resto de Ucrania, con una población infantil de 8,8 millones. Las tasas brutas anuales para las regiones septentrionales de Ucrania son de 10,6 por cada millón de niños, y para el resto de Ucrania, de 1,5 por cada millón de niños.

Las tasas en Belarús y Ucrania antes del accidente de Chernobil, y la tasa en Inglaterra y Gales en un estudio de 30 años, son todas de un 0,5 por cada millón de niños al año. Por tanto, podemos llegar a la conclusión de que hubo un enorme aumento de la incidencia del carcinoma del tiroides infantil en las regiones adyacentes a Chernobil y que ello guarda una relación recíproca con la exposición a la precipitación radiactiva.

Cuando los casos de carcinoma del tiroides infantil ocurridos en Belarús se dividen en grupos basados en la edad que tenían dichos niños en el momento de la exposición al accidente de Chernobil, la relación entre el número de casos observados y previstos fue mayor en los niños con menos edad al producirse el accidente, y descendió rápidamente al aumentar la edad en el momento de la exposición. Este aumento de la sensibilidad de los niños muy pequeños a los efectos de la precipitación radiactiva en el tiroides se corresponde con las observaciones del aumento de la sensibilidad de los niños pequeños al efecto carcinogénico de la radiación X en el tiroides. La reducción en la probabilidad de desarrollar tumores de tiroides a edades más avanzadas debe seguir observándose para realizar una cuantificación exacta, pero existe una gran diferencia entre los recién nacidos y los niños de 10 años de edad. Las observaciones también deben abarcar los grupos de los adolescentes. La reducción de la sensibilidad a edades más avanzadas también es congruente con la ausencia de todo efecto carcinogénico del tratamiento con yodo 131 en adultos con tirotoxicosis, aunque es probable que también intervengan otros factores.

Se sabe que se producen varios efectos de la radiación relacionados con el tiroides distintos del cáncer; de éstos, el más evidente es el desarrollo de hipotiroidismo tras la exposición a grandes cantidades de radiación externa o interna. Un estudio financiado por la Fundación Sasakawa arrojó que la formación de nódulos y el hipotiroidismo eran más frecuentes en Gomel, región de mayor exposición a la precipitación radiactiva, mientras que otras afecciones no relacionadas con la radiación se produjeron a una frecuencia bastante similar en las cinco regiones estudiadas. Esto indica que la radiación puede estar relacionada con una elevada frecuencia de formación de nódulos e hipotiroidismo en Gomel.

Las pruebas presentadas muestran claramente que se ha registrado un notable aumento de los casos de cáncer de tiroides histológicamente confirmados en niños de Belarús y Ucrania desde que ocurrió el accidente de Chernobil. Es probable que haya ocurrido un menor aumento en la región de Bryansk, Rusia, pero se necesita obtener pruebas irrefutables basadas en la población sobre la incidencia de casos confirmados de cáncer de tiroides infantil. Se ha confirmado el diagnóstico de cáncer de tiroides muy por encima del 90% de más de los 250 casos de Belarús y Ucrania analizados en un estudio de cooperación internacional.

La evidencia de que el aumento del cáncer de tiroides se relaciona con los isótopos de yoduro presentes en la precipitación radiactiva es convincente pero indirecta. Hasta ahora, no existe ninguna evidencia sólida de un aumento significativo en algún tumor maligno distinto del cáncer de tiroides en la población expuesta a altos niveles de precipitación radiactiva. Se han notificado aumentos en la incidencia de una serie de tumores, pero la escala del aumento es mucho menor que el de tiroides. La magnitud del aumento notificado corresponde a una escala que hace difícil distinguir entre un aumento real relacionado con la exposición y un efecto de una mejor notificación y mayor verificación.

Es evidente que ningún otro tumor ha mostrado un aumento de frecuencia comparable al observado en el de tiroides. Esto hace que sea muy probable que el aumento del cáncer de tiroides se deba a la exposición a los radisótopos del yodo. Se sabe de la presencia de altos niveles de radisótopos del yodo en la precipitación radiactiva. Ellos se concentran muchísimo en la glándula tiroides, por lo que la exposición a las radiaciones de esta glándula es muchas veces superior a la de otros tejidos. No se tiene una prueba categórica de la relación causal entre la exposición al radisótopo del yodo y la formación del cáncer de tiroides, pero la prueba indirecta es muy fuerte y no existe otra explicación aceptable para este aumento.

No es posible predecir con certeza si el alto riesgo relativo de formación del cáncer de tiroides se mantendrá en su índice actual; se necesitan más de cinco años de observación. Es posible que el carcinoma folicular tenga un período de latencia más prolongado que el carcinoma papilar, y que su incidencia pueda aumentar en años posteriores. Las pruebas de la radiación externa indican que el riesgo relativo aumenta hasta 20 años pasada la exposición, y luego disminuye. No obstante, el aumento del riesgo seguirá presente 40 años después de la exposición, y sería prudente hacer esta suposición al considerar los probables índices futuros de ocurrencia de carcinomas del tiroides en la población expuesta.

Si se calcula el riesgo futuro a partir de las tendencias actuales en la zonas expuestas, utilizando un modelo de riesgo relativo, la incidencia de las personas expuestas cuando eran niños en Gomel será unas 200 veces mayor que la del Reino Unido. Hay muchas incertidumbres, y no se puede predecir con exactitud el número previsto de casos de carcinoma del tiroides en el futuro. Sin embargo, sería prudente que la planificación previa de la pesquisa y la atención médicas tengan en cuenta un gran aumento entre las posibles consecuencias.

El carcinoma del tiroides en adultos es en la mayoría de los casos un tumor relativamente poco maligno, que causa la muerte sólo en pocos casos. Es algo más agresivo en niños muy pequeños, casos éstos para los que se necesita un período prolongado de seguimiento. La cifra observada en Belarús y Ucrania constituye un importante reto, tanto para el tratamiento como para nuestra comprensión de la relación existente entre la exposición a la precipitación radiactiva debida a un accidente nuclear y la subsiguiente formación del tumor maligno.

El aumento de la susceptibilidad de los niños muy pequeños a la posterior formación del carcinoma del tiroides debe ser objeto de nuevos estudios, pero quizás la pesquisa pueda dirigirse a los grupos de mayor riesgo.

EFECTOS EN LA SALUD

Informe presentado por el Dr. Fred A. Mettler, de la Universidad de Nuevo México, Estados Unidos, quien actuó de Presidente de la Sesión monográfica 1: "Efectos clínicos observados". En este informe se examinan los riesgos para la salud tal como fueron investigados en el marco del Proyecto Internacional de Chernobil, ejecutado en 1990.

El Proyecto Internacional de Chernobil (PIC) fue ejecutado durante 1990, a casi cuatro años y medio del accidente. La parte del proyecto dedicada a los efectos en la salud fue expresión del esfuerzo mancomunado de unos 100 médicos y científicos de 12 países. La ejecución del proyecto fue difícil a causa de la vastísima zona de gran contaminación, que abarcaba cientos de kilómetros desde el emplazamiento del reactor. Finalmente, el proyecto se diseñó utilizando una comparación con cohortes de igual edad procedentes de asentamientos cercanos no contaminados.

El PIC estuvo dirigido concretamente a estudiar aspectos relacionados con las personas que aún viven en territorios muy contaminados. Estas personas continuaban expuestas a las radiaciones, por lo que era imperativo abordar cuestiones relativas a la intervención y la posible reducción de la dosis. Era bien sabido que cientos de miles de trabajadores de emergencia habían estado expuestos, pero en 1990 no era posible reducir la dosis en estos grupos. Durante 1988 y 1989 la Cruz Roja Internacional y la Organización Mundial de la Salud habían enviado a la región grupos de evaluación de la salud que, aunque fueron proyectos relativamente pequeños, llegaron en esencia a las mismas conclusiones que el PIC.

Se han publicado varios documentos relativos al PIC, incluidos breves resúmenes y reseñas. El Informe Técnico tiene más de 500 páginas; pero su extensa explicación científica, su limitada disponibilidad y su precio sin duda han impedido que muchas personas lo lean de verdad. La literatura que más comúnmente se puede encontrar sobre este proyecto son los resúmenes, que son los que han leído el público y los medios de información. No obstante, quienes se interesen seriamente en este tema deberían obtener y leer el Informe Técnico aprobado por el Comité Asesor Internacional.*

Es importante examinar las conclusiones concretas del grupo de estudio de los efectos en la salud del PIC y comprobar cómo han conservado su validez cinco años de investigaciones cuyos resultados fueron presentados en la Conferencia Internacional sobre Chernobil en abril de 1996.

* *The International Chernobyl Project: Technical Report*, STI/PUB/885. (ISBN 92-0-129191-4) publicado por el OIEA, Viena (1991).

El grupo de estudio de los efectos en la salud reunió abundantes datos sobre varias preocupaciones planteadas por los médicos locales. Aquí se presentan algunos ejemplos de los problemas que pudimos abordar y resolver. Si bien había niños con anemia, no se observaron diferencias entre los asentamientos contaminados y los no contaminados. Muchos padres estaban preocupados por el envenenamiento con plomo como resultado de posibles emisiones de materiales vertidos sobre el reactor destruido. En general, los niños de todos los pueblos tenían niveles de plomo en sangre inferiores a los que normalmente se registran en Europa occidental y los Estados Unidos. Estas y otras conclusiones del PIC han sido corroboradas desde entonces por otros grupos.

Respecto de las cuestiones inmunológicas, en 1990 quedó claro que no se habían afectado los niveles generales de linfocitos. En el Informe Técnico del PIC se señaló que "el grupo médico independiente no puede aún afirmar categóricamente que no se han producido cambios inmunológicos leves en la población; no obstante, de existir, parecen ser de poca importancia clínica". Si bien en la Conferencia sobre Chernobil celebrada en abril de 1996 se presentaron trabajos sobre anormalidades inmunológicas, había notables diferencias entre ellos, tanto en cuanto a sus conclusiones como al período que abarcaban. A pesar de que los medios de información se han referido a un "SIDA de Chernobil", en la Conferencia no se presentaron memorias ni se alcanzó un consenso general que respaldaran este concepto.

En 1990 el PIC concluyó que existían trastornos de salud significativos que no guardaban relación con la exposición a las radiaciones tanto en los asentamientos testigos como en los contaminados. Entre el 10 y el 15 por ciento de las personas examinadas necesitaban tratamiento médico urgente. La hipertensión y los trastornos estomatológicos se presentaron como importantes problemas de salud pública. Este criterio ha sido corroborado por la labor realizada posteriormente por otros grupos. En el último quinquenio la vida media en la mayor parte de la antigua Unión Soviética ha disminuido debido a problemas de salud no relacionados con la exposición a las radiaciones, como la apoplejía, las enfermedades cardíacas, los accidentes, los suicidios y el alcoholismo.

El grupo de estudio de los efectos en la salud dedicó su trabajo principalmente a los niños. Hasta 1990, los datos sobre malformaciones fetales no indicaban un aumento sustancial relacionado con las radiaciones. Las observaciones y las memorias presentadas en la Conferencia sobre Chernobil de 1996 en torno a este sensible tema indicaron que, si bien casi todos los grupos científicos consideran que no se ha producido un aumento relacionado con la exposición a las radiaciones, algunas personas siguen pensando que sí ha habido un efecto real.

Las investigaciones psicológicas realizadas por el PIC demostraron que hasta el 90% de los habitantes de los asentamientos contaminados pensaban que padecían, o podrían padecer, alguna enfermedad provocada por la exposición a las radiaciones. Llama la atención que en los asentamientos no contaminados esta cifra fue del 75%. Las cuestiones psicológicas fueron resumidas en el Informe Técnico al señalarse que: "Los problemas psicológicos relacionados con Chernobil son de gran envergadura. La mayoría de las personas están verdaderamente preocupadas y no actúan de manera irracional, dada la situación en que se encuentran". Estas conclusiones han sido confirmadas posteriormente por numerosos grupos de científicos, y en la Conferencia sobre Chernobil de 1996 numerosos oradores llegaron a la conclusión de que en la actualidad esto sigue siendo el principal efecto en la salud.

Obviamente existieron (y aún subsisten) preocupaciones relativas a los problemas del tiroides, referidas fundamentalmente al agrandamiento, nódulos y el cáncer de esa glándula. En 1990 se detectó mediante palpación que aproximadamente el 3% de los niños presentaba agrandamiento de la glándula tiroides, mientras que el 0,5% presentaba nódulos. Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticas entre los asentamientos contaminados y los no contaminados. Las memorias presentadas en los últimos cinco años y sometidas al análisis de la Conferencia sobre Chernobil de 1996 indican que apenas hay consenso respecto de si se ha registrado o no aumento de los nódulos tiroideos.

Una parte importante del PIC se dedicó a la estimación de los efectos futuros en la salud, especialmente la leucemia y el cáncer. Un estudio de los datos de salud realizado en 1990 demostró que los casos de cáncer habían venido aumentando cada año, antes y después del accidente, a un ritmo aparentemente estable. La incidencia del cáncer ha seguido aumentando a un ritmo similar durante los últimos cinco años, aunque esta enfermedad no ha sido la causa principal de la reciente disminución de la duración de la vida.

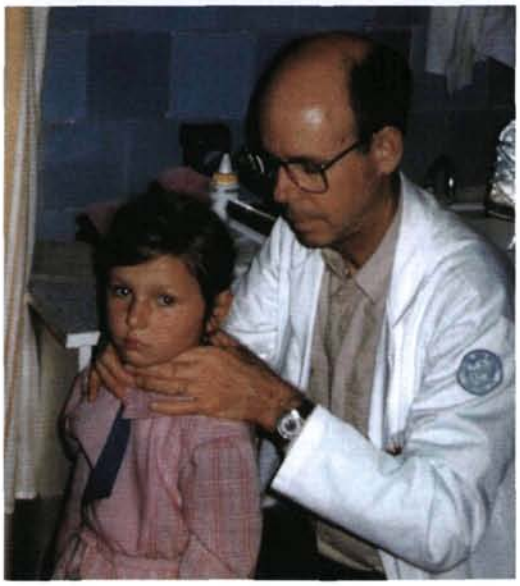
El cáncer de tiroides fue una importante preocupación en 1990. En el Informe Técnico (página 510) señalamos que "los datos disponibles examinados no fueron suficientes para determinar si habían aumentado la leucemia y el cáncer de tiroides a causa del accidente. Los datos no brindaron detalles suficientes que permitieran excluir la posibilidad de un aumento en la incidencia de algunos tipos de tumores".

Asimismo, se pidió al grupo de estudio de los efectos en la salud que estimara los efectos futuros y para toda la vida. Puesto que desconocíamos la dosis exacta para cada uno de los miles de asentamientos contaminados y el número de personas en cada uno de ellos, el PIC presentó el ejemplo de un asentamiento representativo y de las posibles consecuencias futuras. Utilizamos un asentamiento hipotético de 10 000 habitantes con una dosis de radiación externa de 0,1 Sv durante 70 años. En ese pueblo tipo pronosticamos

que en 70 años los casos de cáncer de tiroides casi se duplicarían, se produciría un aumento de un 40% en los casos de leucemia, y de un 3% en las muertes provocadas por todos los tipos de cáncer. En el Informe Técnico del PIC se señaló que "cabría esperar que la mayoría de los casos de cáncer de tiroides se registren en niños, por presentar éstos la más alta dosis absorbida a la tiroides, una vida más prolongada, y mayor sensibilidad en comparación con los adultos" y que "dada la gran cantidad de radisótopos del yodo liberados durante el accidente, se prevé para las próximas décadas un exceso de casos de cáncer de tiroides debido a la radiación. Este riesgo guarda relación con las dosis al tiroides recibidas en los primeros meses después del accidente".

El PIC indicó además que "de acuerdo con las estimaciones notificadas de dosis absorbida al tiroides en niños, podría ocurrir un aumento, susceptible de verificación estadística, en la incidencia de los tumores del tiroides en el futuro" y que "determinados grupos de alto riesgo (como niños con elevadas dosis absorbidas al tiroides) necesitarán programas médicos concretos sobre la base de sus riesgos potenciales". Sin duda señalamos que con limitados recursos resultaría demasiado costoso e imposible dar seguimiento a todo aquel que estuvo expuesto, y que debería adoptarse el concepto planteado por la OMS de concentrar los esfuerzos en estudios internacionales combinados sobre las poblaciones de alto riesgo. Esta recomendación ha sido desoída y aún subsisten numerosas investigaciones científicas dispares que abordan cuestiones idénticas, sobre todo en relación con el cáncer de tiroides y la leucemia.

En resumen, el Proyecto Internacional de Chernobil fue un acontecimiento histórico. Constituyó un esfuerzo internacional sin precedentes que contó con la cooperación de científicos, médicos y público en general. Las conclusiones del grupo de estudio de los efectos en la salud ayudaron a centrar la atención en las esferas de importancia. El subtítulo de la Conferencia sobre Chernobil celebrada en 1996 fue "Recapitulación de las consecuencias del accidente", lo que hace inferir que el tema está agotado. Los datos relativos a los sobrevivientes de la bomba atómica demuestran claramente que para llegar a cualquier conclusión definitiva sobre las consecuencias de la exposición de una población a altas dosis de radiación se necesitan al menos cinco decenios y no solo diez años. Los efectos en los niños y los aspectos sicológicos seguirán siendo temas de primer orden.



Los médicos integrantes del grupo de salud del PIC examinaron a cientos de niños residentes en pueblos de Belarús, Rusia y Ucrania. Más de 100 médicos y científicos de 12 países participaron en el proyecto de 1990.
(Cortesía: Mettler/EE.UU.)

EFECTOS A LARGO PLAZO EN LA SALUD

Informe presentado por E. Cardis, del Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer de Francia, quien actuó de Secretario Científico de la Sesión monográfica 3: "Efectos a más largo plazo"; el profesor A. E. Okeanov, del Centro de Tecnología Médica de Belarús, quien actuó de Vicepresidente de la Sesión; por V. K. Ivanov, del Centro de Investigaciones Médicorradiológicas de la Federación de Rusia, y A. Prisyazhniuk, del Centro Científico de Medicina de las Radiaciones de Ucrania, quienes integraron el Comité de Expertos de la Sesión. *

De poderse aplicar la experiencia de los sobrevivientes de los bombardeos atómicos en el Japón y de otras poblaciones expuestas, el principal efecto radiológico previsto del accidente de Chernobil serán las muertes por cáncer. El número total de muertes adicionales por cáncer a lo largo de toda la vida será mayor entre los "liquidadores" (trabajadores de emergencia y de recuperación empleados en 1986 y 1987) y entre los habitantes de los territorios "contaminados". Toda estimación respecto de esas muertes adicionales es muy poco precisa dadas las incertidumbres relativas a las dosis individuales y a la magnitud exacta de los efectos de la exposición prolongada a dosis bajas de radiación. No obstante, nuestras mejores estimaciones en la actualidad son: unas 2000 muertes adicionales por cáncer a lo largo de toda la vida entre casi 200 000 liquidadores que trabajaron en 1986 y 1987; y 4600 muertes entre unos 6,8 millones de habitantes de los territorios contaminados. Sería sumamente difícil detectar aumentos de esta magnitud mediante estudios epidemiológicos frente a una cifra básica prevista de 41 500 y 800 000 muertes por cáncer, respectivamente, en ambos grupos.

A partir de los datos obtenidos sobre otras poblaciones expuestas a las radiaciones, el principal efecto radiológico previsto hasta la fecha (o sea, durante los diez primeros años después del accidente) es la leucemia. Se espera que el aumento se produzca principalmente entre los liquidadores; en realidad, de poderse aplicar la experiencia de los sobrevivientes de la bomba atómica, el aumento en esta población debería poder detectarse por medios epidemiológicos. Se han notificado aumentos de casos de leucemia entre los liquidadores, pero no son coherentes. Además, resulta difícil interpretarlos: aún no se han verificado todos los casos y los aumentos pueden reflejar una mayor vigilancia de los liquidadores y un registro incompleto de los casos de la población en países donde el registro sistemático y centralizado de los casos de cáncer era limitado en el momento del accidente de Chernobil. Hasta la fecha no se ha comunicado un aumento coherente. Sin embargo, los informes actuales abarcan solamente un período de dos años y están muy reducidas las posibilidades de detectar dicho aumento.

Se observaron aumentos del cáncer de tiroides entre las personas expuestas cuando eran niños en las regiones más fuertemente contaminadas de Belarús, Ucrania y Rusia, en niveles mucho más elevados que los pronosticados en estudios anteriores. Tales aumentos pueden reflejar o bien una determinada sensibilidad de la población debida a factores relacionados con el huésped o el medio ambiente; o bien una subestimación de las dosis en el tiroides; o bien un potencial cancerígeno más elevado de isótopos de yodo de período muy corto. Hoy día también se notifican aumentos de casos de cáncer de tiroides entre los liquidadores y la población en general; empero, por las razones antedichas, ello deberá verificarse antes de ser atribuido al accidente de Chernobil.

Existe la tendencia a atribuir las fluctuaciones y los aumentos observados con el tiempo en las tasas de incidencia de cáncer, o ambas cosas, al accidente de Chernobil. Sin embargo, debería señalarse que en los últimos decenios, antes del accidente, se han obervado aumentos en la incidencia de varios neoplasmas en algunos países. En los últimos años se ha notificado un aumento general de la mortalidad en muchas regiones de la antigua URSS que no parece guardar relación con los niveles de radiación. Esto deberá tenerse en cuenta al interpretar los resultados de los estudios.

Se han señalado aumentos de la frecuencia en las poblaciones expuestas, en particular entre los liquidadores, de cierto número de efectos no específicos perjudiciales para la salud, distintos del cáncer. Es difícil interpretar estas observaciones ya que la salud de las poblaciones expuestas es objeto de un seguimiento mucho más intensivo y activo que el de la población en general.

Teniendo en cuenta los resultados de experimentos realizados en animales, puede que además de los casos de cáncer, se registre un leve aumento de los trastornos hereditarios tras la exposición a las radiaciones. Partiendo de estos datos, la manifestación pronosticada de efectos genéticos radioinducidos por el accidente sería muy baja, fluctuando entre 0 y 0,03% de todos los nacidos vivos y entre menos de 0,1% y 0,4% de todos los trastornos genéticos entre los nacidos vivos de la población expuesta.

Al examinar los pronósticos de los probables efectos para la salud de las radiaciones debidas al accidente de Chernobil, es importante saber que las estimaciones actuales de las dosis en las poblaciones expuestas son inciertas; en particular, no se tiene pleno conocimiento acerca de las dosis iniciales recibidas después de ocurrir el accidente. Además, las exposiciones recibidas por las poblaciones a causa del accidente de Chernobil difieren (en tipo y patrón) de las que recibieron los sobrevivientes del bombardeo atómico en el Japón. En consecuencia, los pronósticos derivados de estudios de esas poblaciones son inciertos. Aunque se

* Los autores agradecen la colaboración de L. Anspaugh, del Lawrence Livermore National Lab de los Estados Unidos, quien integró el Comité de Expertos, y a los consultores K. Mabuchi, de la Fundación para la Investigación de los Efectos de la Radiación del Japón, e I. Lichtarev, del Departamento del Centro Científico de Medicina de las Radiaciones de Ucrania.

pronosticó un aumento de los casos de cáncer de tiroides infantil como resultado del accidente de Chernobil, no se previó la magnitud de dicho aumento. Sólo han transcurrido diez años desde el accidente, y sobre la base de estudios epidemiológicos de otras poblaciones, los aumentos en la incidencia de tipos de cáncer distintos de la leucemia suelen no observarse hasta al menos diez años después de la exposición. Por tanto, es indispensable seguir vigilando la salud de la población a fin de evaluar los efectos del accidente en la salud pública, aun cuando pueda resultar difícil detectar un aumento de los casos de cáncer debido a las radiaciones procedentes de Chernobil (salvo la leucemia entre los liquidadores y el cáncer de tiroides).

También es preciso realizar estudios epidemiológicos de determinadas poblaciones y enfermedades para analizar los efectos observados o pronosticados; los estudios minuciosos pueden, en particular, aportar importante información sobre el efecto de la tasa y el tipo de exposición en la escala de dosis baja a media y sobre los factores que pueden modificar los efectos radiológicos. En sí, pueden tener consecuencias significativas para la protección radiológica de los pacientes y la población en general en caso de cualquier futura exposición por accidente. Tanto los estudios de cohortes como los de casos y testigos son, por lo general, mucho más fiables que los estudios descriptivos para investigar las relaciones entre las dosis. Sin embargo, para que los estudios sobre las consecuencias del accidente de Chernobil sean informativos deberán cumplir varios requisitos importantes, a saber, deben abarcar un número muy amplio de personas expuestas; el seguimiento debe ser integral y no selectivo; y debe disponerse de estimaciones precisas y exactas de las dosis individuales (o marcadores de la exposición). En particular, la viabilidad y la calidad de los estudios epidemiológicos dependen mayormente de la existencia y la calidad de los registros básicos basados en la población, y de la viabilidad de vincular la información relativa a un solo individuo proveniente de diferentes fuentes de datos.

Por último, a diez años del accidente de Chernobil, no se ha demostrado que la exposición a las radiaciones debida al accidente haya tenido un efecto significativo hasta la fecha en la salud pública de los tres países más afectados, excepto el drástico aumento de casos de cáncer de tiroides en las personas expuestas en su niñez. No se ha observado aumento importante alguno en la totalidad de la incidencia o mortalidad por cáncer que pudiera atribuirse al accidente. En particular, no se ha detectado ningún aumento significativo en las tasas de leucemia, ni siquiera entre los liquidadores, las cuales constituyen una de las principales causas de preocupación a raíz de una exposición a las radiaciones. Esto coincide en general con los pronósticos basados en estudios de otras poblaciones expuestas a las radiaciones, particularmente los sobrevivientes de los bombardeos atómicos en el Japón.

Reunión informativa para la prensa en el marco de la Conferencia Internacional sobre Chernobil, en la que los efectos del accidente en la salud acapararon toda la atención.
(Cortesía: Pavlicek/OIEA)

CONTRAMEDIDAS AGRICOLAS

Informe presentado por John I. Richards, Jefe del Laboratorio FAO/OIEA de Agricultura y Biotecnología de los Laboratorios del Organismo en Seibersdorf, quien fue designado por la FAO para participar en la Conferencia Internacional sobre Chernobil, y Raymond J. Hance, Jefe de la Sección de Residuos y Productos Agroquímicos de la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Agricultura y la Alimentación.

Una de las enseñanzas de Chernobil es que la agricultura es vulnerable a los efectos de un accidente nuclear que ocurra a cientos, e incluso a miles de millas del lugar. Es por ello que se hace necesario aplicar planes de contramedidas que puedan reducir la contaminación de los productos agrícolas, tenga o no el país su propio programa nuclear. Los objetivos primordiales de tales planes deben ser: reducir al mínimo la contaminación radiactiva de las cosechas y los productos pecuarios, y restablecer el uso productivo de la tierra en la medida y con la rapidez que resulten posibles. Estos objetivos deberán establecer un equilibrio entre los costos que se deriven para los gobiernos y los beneficios para la salud humana, así como entre los trastornos en la vida cotidiana y el bienestar de las comunidades. Es necesario que en los planes se especifiquen los niveles de radiación para los alimentos y piensos que requieren y se incluya una serie de contramedidas para proteger la agricultura en distintas posibles situaciones posteriores a un accidente.

Ya se han establecido criterios a nivel internacional para determinar los niveles de intervención. En general, la legislación en materia de alimentos prohibe los niveles peligrosos de contaminación y no hace distinción entre los contaminantes, ya sean residuos de plaguicidas, metales pesados, micotoxinas, microorganismos patógenos o radionucleidos. En los niveles bajos de contaminación, donde el riesgo para la salud es bajo o difícil de eliminar totalmente, se fijan niveles de contaminantes que permiten vender, comprar y consumir los alimentos. Los límites deben ser inequívocos para facilitar su comprensión por parte de todos los encargados de controlarlos.

La Comisión Mixta FAO/OMS del Codex Alimentarius ha elaborado normas internacionales para la contaminación por radionucleidos que se deben aplicar a los alimentos que son objeto de comercio internacional. (*Véase el cuadro.*) Muchos países las han incluido en su legislación nacional debido, en gran parte, a que los niveles de intervención reconocidos internacionalmente contribuyen a mantener la credibilidad, la confianza y la fe en las autoridades nacionales, y a evitar anomalías que de lo contrario podrían ocurrir en las fronteras de países vecinos. Además, la Organización Mundial de Comercio aplicará las normas del Codex.

Los niveles se basan en una serie de supuestos conservadores, para que exista la confianza de que en lo esencial no habrá efecto alguno durante la exposición de por vida. De ahí que, en caso de no disponer de alimentos alternativos, podrían aceptarse a corto plazo niveles más elevados. Por otra parte, podrían resultar convenientes niveles más bajos cuando, por ejemplo, la radiación externa represente un alto por ciento de la dosis total.

A la luz de todo lo anterior se puede apreciar que un propósito importante de las contramedidas agrícolas es aumentar al máximo la cantidad de alimentos producidos que cumplan los requisitos de intervención.

Contramedidas agrícolas

El Programa conjunto FAO/OIEA sobre técnicas nucleares en la agricultura y la alimentación ha abordado las contramedidas agrícolas siguiendo tres vertiendes. La primera fue recopilar toda la información y experiencia posibles obtenidas después del accidente de Chernobil, a fin de elaborar directrices para las contramedidas agrícolas. La segunda consistió en ayudar a los Estados Miembros afectados en la elaboración y puesta en práctica de contramedidas específicas. La tercera fue apoyar los trabajos de obtención de los datos que se pudieran utilizar para perfeccionar las contramedidas existentes o elaborar otras nuevas.

Guidelines for Agricultural countermeasures Following an Accidental Release of Radionuclides (IAEA Technical Reports Series No. 363, 1994). El accidente de Chernobil fomentó un número considerable de investigaciones científicas y los que hicieron frente a sus consecuencias adquirieron una vasta experiencia práctica. Este documento, elaborado por casi 40 científicos de 19 países, resume la información obtenida y tiene el propósito de brindar consejos generales sobre la elaboración de los planes de respuesta a las emergencias. Sus elementos principales son una estrategia general para aplicar contramedidas agrícolas, un examen de las contramedidas existentes con miras a la toma de decisiones, así como una orientación para elaborar directrices nacionales concretas. (La traducción al ruso del documento puede obtenerse como IAEA TECDOC-745.)

La eficacia de las medidas que se adopten para proteger al sector agrícola (las personas, la tierra, los cultivos y el ganado) contra los efectos de un accidente nuclear depende de los planes que se elaboren de antemano. En el documento se esboza una estrategia para la elaboración de planes de emergencia que no sólo deberían precisar crite-

En el sur de Belarús, donde hubo zonas afectadas por la precipitación radiactiva del accidente de Chernobil, los pequeños agricultores aplican contramedidas para reducir los niveles de contaminación en la leche, la carne y otros productos. Reciben asistencia en el marco de proyectos apoyados por el gobierno noruego y el programa FAO/OIEA. Las fotos muestran una pequeña granja típica de la región; equipo para la mezcla de los compuestos de "Azul de Prusia" y la elaboración de los bolos que se utilizan para reducir los niveles de radiocesio en las vacas; y científicos vigilando la radiactividad corporal gamma del ganado al que se le suministró Azul de Prusia.

(Crédito: Richards/OIEA)

Niveles indicativos de radionucleidos en los alimentos tras una contaminación nuclear accidental, para su aplicación en el comercio internacional

Dosis por unidad Factor de ingestión	Radionucleidos representativos	Nivel (Bq/kg)
	Alimentos destinados al consumo general	
10^{-6}	Americio 241, Plutonio 239	10
10^{-7}	Estroncio 90	100
10^{-8}	Yodo 131, Cesio 134, Cesio 137	1000
	Leche y alimentos para niños	
10^{-5}	Americio 241, Plutonio 239	1
10^{-7}	Yodo 131, Estroncio 90	100
10^{-8}	Cesio 134, Cesio 137	1000

Notas: Estos niveles deben aplicarse solamente a los radionucleidos que contaminan los alimentos que son objeto de comercio internacional después de un accidente y no a los radionucleidos naturales que siempre han estado presentes en el régimen alimentario. Las directrices del Codex Alimentarius rigen durante un año tras un accidente nuclear. Por accidente se entiende una situación en que la liberación no controlada de radionucleidos al medio ambiente da por resultado la contaminación de los alimentos que se ofrecen en el comercio internacional.

rios para adoptar medidas rápidas a corto plazo, sino también para aplicar otras a más largo plazo, que ayudarán mucho a mantener la confianza pública en la compentencia e integridad de las autoridades.

El documento define dos fases distintas para el análisis de las contramedidas. Durante la planificación y preparación de las respuestas a un accidente, se deberían evaluar de manera general las posibles medidas de protección frente a una serie de accidentes hipotéticos verosímiles. A partir de aquí se pueden elaborar los primeros criterios de acción que deberán aplicarse inmediatamente por un corto plazo después de un accidente. Estos planes requieren una base de datos con información sobre la transferencia de los radisótopos de cesio y estroncio entre el suelo, el agua, las plantas, los animales y los peces de la localidad. Dichos isótopos son los más propensos a causar problemas más que transitorios a la agricultura. Además, debería incluir datos sobre los suelos, los patrones climáticos, las preferencias dietéticas locales, así como algunas contramedidas viables y sus costos estimados. Asimismo, se debe establecer una red de laboratorios para el análisis de radionucleidos.

La segunda fase comienza un tiempo después de ocurrido un accidente real, cuando se dispone de información concreta sobre su naturaleza y posibles consecuencias. Entonces es posible analizar la adopción de medidas protectoras específicas. No obstante, en muchos casos la gama de contramedidas estará limitada por factores sociales y la infraestructura de la región, por lo que resulta importante que la base de datos que se utilice en la adopción de decisiones incluya también esta información.

Más adelante en *Guidelines* se pasa a analizar algunas contramedidas agrícolas en particular y se hace una breve evaluación de su eficacia. Esas contramedidas se refieren a los efectos a largo plazo en la salud de la población humana; no se considera directamente el efecto más inmediato de la exposición a las radiaciones sobre la flora y la fauna.

Algunas medidas se podrán tomar antes y durante la deposición de la precipitación radiactiva, como cobijar a los animales y cubrir los almacenes de piensos y alimentos. Si se emite el aviso adecuado, tal vez se pueda cosechar un cultivo (pastos, granos, cultivos comerciales) antes de que ocurra la deposición.

Las contramedidas que se aplican durante las primeras semanas después de la deposición están relacionadas particularmente con la reducción de la exposición a los radionucleidos de período corto, como el yodo 131. Por tanto, las cosechas pueden recogerse y almacenarse, o se puede aplazar la recolección, para dar tiempo a que ocurra la desintegración radiactiva antes del consumo. De igual forma, la leche contaminada con yodo 131 se puede procesar en productos almacenables (como leche en polvo y queso).

Una vez que la contaminación radiactiva se ha distribuido por la biosfera, es necesario poner en práctica una gama más amplia de contramedidas que tengan en cuenta la transferencia de los radionucleidos correspondientes de los suelos a la cadena alimentaria. Por ejemplo, como la absorción de minerales por las plantas está relacionada con la abundancia disponible y relativa total de sus diferentes iones, la aplicación de altos niveles de fertilizante potásico puede reducir la absorción de radiocesio; y el abono con cal, puede reducir la absorción de radioestroncio al aumentar los niveles de calcio. En ocasiones es posible utilizar cultivos o variedades alternativos que acumulan niveles más bajos de radionucleidos que aquellos que normalmente se cultivan en una región, por ejemplo, cereales en lugar de verduras y pastos. Otra posibilidad es sembrar cultivos como la remolacha o la colza de semilla oleaginosa en los que se elabora el producto comestible y la contaminación disminuye. Con vistas a mantener alguna forma de agricultura siempre que sea posible, se debe tener en cuenta la posibilidad de producir cultivos no alimentarios como el lino y el algodón para fibras, las semillas oleaginosas para lubricantes o biocombustibles y las plantas ornamentales. Por último, el enterramiento del suelo superficial contaminado mediante la aradura profunda puede ser un procedimiento eficaz para las grandes granjas, siempre que dispongan de los arados apropiados.

La manera más eficaz de reducir la contaminación de los productos pecuarios es limitando la ingestión de radionucleidos o disminuyendo la

Nivel de contaminación de los pastos (Bq/kg)	*Ingestión/día (kBq)	Carne		Leche	
		Equilibrio del nivel de cesio 137 (Bq/kg)	Nivel de cesio 137 tras la ingestión de bolos (Bq/kg)	Equilibrio del nivel de cesio 137 (Bq/kg)	Nivel de cesio 137 tras la ingestión de bolos (Bq/kg)
250	17,5	280	90	112	34
500	36	700	234	280	94
1 000	70	1 400	450	550	186
1 500	105	2 100	700	840	280
2 000	140	2 800	920	1 120	374
3 000	210	4 200	1 400	1 680	560
5 000	350	7 000	3 000	2 800	920
10 000	700	14 000	4 600	5 600	1 860

El cuadro muestra la relación entre los niveles de contaminación de los pastos y los niveles de cesio 137 en la carne y la leche, así como el efecto de la administración de bolos en los niveles de la carne y la leche.

* Supone un consumo diario de 70 kg de hierba fresca por animal.

absorción de éstos en los animales. La alimentación con piensos almacenados y no contaminados es un ejemplo de la primera vía, mientras que el uso del Azul de Prusia (que posteriormente se analiza en más detalle) es un ejemplo de la segunda. En el caso de los animales productores de carne, quizás no sea necesario alimentarlos con pienso no contaminado hasta poco antes de su sacrificio ya que, por ejemplo, el período biológico del radiocesio es de dos a cuatro semanas en dependencia de la especie. Lo ideal sería complementar esta medida con la vigilancia de los animales vivos en el matadero o en la granja, a fin de determinar cuáles necesitan una alimentación más prolongada con pienso no contaminado. En cuanto a los animales de caza, pudiera resultar eficaz cambiar la temporada de caza cuando los animales tienen hábitos de alimentación estacionales. Por ejemplo, las setas y los líquenes, que pueden estar altamente contaminados, tienden a proliferar en otoño, por lo que no se debe cazar a los animales durante esa estación.

Estos son solamente ejemplos de contramedidas, pero existen muchas otras posibilidades. No obstante, las decisiones sobre cuándo aplicar contramedidas y cuáles son las adecuadas requieren información sobre el tipo y la magnitud de la contaminación radiactiva. Dado que para dar una respuesta eficaz se necesita una infraestructura considerable, una extensa sección de *Guidelines* se refiere a las estructuras de organización. Por último, el documento examina brevemente las respuestas de países seleccionados al accidente de Chernobil.

Asistencia en la aplicación de contramedidas en zonas contaminadas

Las numerosas y diferentes contramedidas aplicadas en Belarús, Ucrania y Rusia occidental tras el accidente de Chernobil redujeron significativamente la contaminación por radiocesio de la leche y la carne producidas en granjas estatales y colectivas. Sin embargo, por razones económicas, a los pequeños agricultores les resultó difícil aplicar muchas de las contramedidas. En 1990, 50000 vacas lecheras seguían produciendo leche que excedía de los niveles tolerables temporales o TPL, (111 Bq/L en Belarús; 370 Bq/L en Ucrania y Rusia). Por tanto, era necesario aplicar un método alternativo que fuera sencillo, eficaz y barato.

Efectos de las contramedidas en los niveles de cesio137 en la leche y la carne

Un proyecto auspiciado por el Gobierno de Noruega ideó una contramedida para disminuir los niveles de radiocesio en los rumiantes domesticados y salvajes utilizando una mezcla de compuestos conocida como "Azul de Prusia" (AP). En el proyecto, ejecutado por conducto de las Naciones Unidas, participaron la Universidad Agrícola y el Instituto de Higiene Radiológica de Noruega, el Instituto Ucraniano de Investigaciones de Radiología Agrícola de Kiev, la Filial belarusa del Instituto Nacional de Radiología Agrícola de Obninsk, y la Queen's University de Belfast. Los Laboratorios del Organismo en Seibersdorf, la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Agricultura y la Alimentación y la División de Seguridad Nuclear del OIEA tuvieron a su cargo la coordinación y el suministro de servicios especializados, equipo y materiales a los principales institutos homólogos de tres países con miras a realizar pruebas en los pueblos más afectados.

En 1990 y 1992 se realizaron pruebas satisfactorias con más de 3000 vacas en 21 asentamientos de Belarús, 10 000 vacas en 54 asentamientos de Ucrania y una cantidad no especificada de ganado bovino en pueblos de Rusia. Posteriormente, el Ministro de Agricultura de cada Estado autorizó la difusión del uso del AP en la ganadería para disminuir el contenido de cesio 137 en la leche y la carne.

Beneficio	Comentario
Reducción de la dosis individual	Reducción general de un 60% (probablemente sea más del 80% en las zonas donde el factor de absorción del suelo a la hierba es particularmente alto)
Dosis colectiva	Quizás unos cientos de Sv•hombre; relativamente baja por la cantidad sumamente baja de los TPL que se utilizan en la CEI. De todas maneras es eficaz en función de los costos.
Producción adicional de leche	Unos 50 millones de litros de leche adicionales al año satisfarían los TPL sin necesidad de distribuir alimentos y leche no contaminados.
Pienso no contaminado necesario para la producción de leche	El tiempo necesario de "alimentación no contaminada" se podría reducir en 40-50 días, lo que reduciría en un factor de cinco la zona de pasto "no contaminado" necesario.
Social/psicológico	Unos 50 000 agricultores pudieron reanudar sus prácticas agrícolas tradicionales, con el consiguiente aumento del sentido de bienestar y de mejoramiento de la calidad de sus vidas. Muchos agricultores que debían ser desplazados ya no tendrían que mudarse.
Indemnización	Se podría reducir en un 50% la cantidad de personas que reciben indemnización por exceder de una norma anual.

Resumen de los beneficios que brindan los compuestos de Azul de Prusia

El término "Azul de Prusia" se refiere a cierto número de ferratos hexacianos férricos; quizás el cianoferrato férrico de amonio (o AFCF) sea el compuesto aglutinante de cesio más comúnmente utilizado. Cuando llega al rumen en forma de bolo, como parte del pienso concentrado compuesto, salegar, o simplemente espolvoreado en el alimento, el AFCF reacciona en el intestino con el radiocesio ingerido y forma un complejo que se elimina en el excremento en lugar de pasar al torrente sanguíneo del animal. El radiocesio aglutinado por el AP en el estiércol sólo llega muy lentamente a las plantas. En dependencia de la dosis y el tipo de compuesto de AP que se administre, es posible llegar a reducir de dos a ocho veces el contenido de radiocesio en la leche y la carne del ganado vacuno que se alimenta de pasto contaminado. Esto reduce considerablemente la dosis interna al consumidor humano y a menudo basta para permitir que las comunidades rurales permanezcan en zonas contaminadas. Gracias a ello, ha disminuido la necesidad de desplazar a comunidades enteras con los consiguientes traumas, y evitando enormes costos. Así, no es extraño que los beneficios que reporta el uso de los compuestos de AP hayan sido tan bien recibidos por los agricultores y el gobierno.

A pesar de los resultados satisfactorios de las contramedidas aplicadas en las granjas estatales y colectivas y de que ahora se producen alimentos con un contenido de radionucleidos aceptablemente bajo en antiguas tierras contaminadas, la aceptación por parte del público de alimentos no contaminados procedentes de estas áreas sigue siendo un problema. Es por ello que las autoridades de Belarús y Ucrania están ansiosas por utilizar esta tierra con otros fines. El Departamento de Cooperación Técnica del OIEA, mediante su programa conjunto con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, está apoyando un proyecto en Belarús destinado a investigar las posibilidades de semillas oleaginosas (principalmente la semilla de colza) como cultivo alternativo. Las investigaciones iniciales indican que el aceite producido a partir de ciertas variedades de colza en tierras con niveles de radiocesio de entre 15 y 40 Ci/km^2 no contiene ese radionucleido (ni radioestroncio), y que la contaminación queda limitada a la paja y a la harina de colza residual. En 1995 las autoridades belarusas sembraron semillas de colza en unas 20 000 hectáreas de tierra contaminada y tienen planes de refinar el aceite para obtener lubricantes que actualmente tienen que importar. Si el proyecto triunfa, la extensión del área de tierra sembrada se duplicará o triplicará con miras a producir lubricantes.

El OIEA también está brindando asistencia a Ucrania para mejorar los conocimientos prácticos y las instalaciones para la medición, el control y posterior reducción de radionucleidos en los alimentos. El programa tiene su centro en la Planta Integrada de Elaboración de Leche en Conserva de Ovruch, que procesa diariamente de 200 a 500 toneladas de leche en gran parte procedente de granjas de la zona contaminada de Chernobil. El gobierno de los Estados Unidos está facilitando recursos adicionales para evaluar un sistema comercial de separación magnética para descontaminar leche líquida.

Obtención de datos. El programa de Cooperación Técnica del Organismo está brindando asistencia a Belarús en la obtención de nuevos datos sobre la presencia y migración de radionucleidos en suelos, bosques y masas de agua. Dichos datos se utilizarán para pronosticar las probabilidades de éxito y el tiempo que se necesita para normalizar la actividad económica de las regiones contaminadas.

Aplicación de las enseñanzas extraídas

Los valores de la transferencia de radionucleidos entre diferentes componentes de la biosfera y la experiencia en la respuesta a las consecuencias de un accidente nuclear están limitados en gran medida a regiones templadas, sobre todo en Europa. Sin embargo, existen centrales nucleares en algunas partes del mundo que posiblemente afectarían a países tropicales en caso de un accidente. Por tanto, se está llevando a cabo un Programa Coordinado de Investigación (PCI) en el que participan la División de Seguridad Radiológica y de los Desechos

En Belarús, un proyecto de cooperación técnica apoyado por el Organismo investiga el uso de la semilla de colza (al fondo) como cultivo de rotación alternativo en algunas tierras contaminadas. *(Crédito: Richards/OIEA)*

del OIEA y la División Mixta FAO/OIEA con el objetivo de medir los factores de transferencia del radiocesio y el radioestroncio de los suelos a los principales cultivos tropicales, así como del agua a los peces tropicales. Estos datos serán útiles para la planificación de contramedidas y la determinación de niveles permisibles de radionucleidos en los desechos industriales en los países tropicales. Asimismo, está previsto establecer otro PCI que examinará la eficacia en condiciones tropicales de las contramedidas que han demostrado su efectividad en Europa.

En el diseño y aplicación de contramedidas agrícolas, se debería prestar más atención a la gestión de todo el medio ambiente contaminado, sobre todo bosques y masas de agua, debido a la interacción que existe entre éstos y las tierras agrícolas. Es necesario establecer niveles de referencia secundarios (los llamados "niveles de intervención operacionales") para los piensos y pastos animales. A tal fin se precisan más datos sobre los factores de transferencia o, al menos, una reevaluación de los conocimientos que ya se tienen.

Actualmente existe una serie de contramedidas agrícolas para reducir los efectos de la contaminación por radiocesio en la cadena alimentaria. No podemos decir lo mismo acerca de la contaminación por radioestroncio. Será necesario realizar una considerable labor de investigación y desarrollo en laboratorios y sobre el terreno para mejorar la situación. Por ejemplo, se han propuesto varios materiales para absorber/adsorber de manera selectiva el estroncio en los alimentos, pero aún ninguno se puede recomendar con absoluta seguridad porque los datos no son suficientes. En el mercado existen métodos alternativos, como filtros y separadores magnéticos para productos alimenticios líquidos, aunque no han sido evaluados críticamente en las condiciones imperantes en las regiones contaminadas.

Para concluir, el accidente de Chernobil destacó la necesidad de que cada país formule un conjunto de contramedidas agrícolas listas para su aplicación inmediata en caso de accidente nuclear. Se han extraído enseñanzas sobre la utilidad de muchas contramedidas y las infraestructuras necesarias para aplicarlas. Todavía hay que trabajar para lograr que se apliquen estas enseñanzas. Esto reviste especial importancia para los medios tropicales, dado que la mayor parte de nuestra experiencia fue adquirida en climas templados.

ASPECTOS DE SEGURIDAD NUCLEAR

Informe presentado por Luis Lederman, Jefe interino de la Sección de Evaluación de la Seguridad del Departamento de Seguridad Nuclear del OIEA, quien actuó de Secretario Científico de la Sesión monográfica 7: "Medidas reparadoras en materia de seguridad nuclear".

Del 1 al 3 de abril de 1996 se celebró en la sede del OIEA en Viena, Austria, el Foro Internacional "Una década después de Chernobil: Aspectos de seguridad nuclear", organizado por el OIEA en cooperación con el Departamento de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas (DAHNU). Su objetivo era examinar las medidas reparadoras adoptadas después del accidente de Chernobil para aumentar la seguridad de los reactores RBMK y de la estructura de contención (sarcófago) en esa central. Los resultados se presentaron en la Conferencia Internacional sobre Chernobil celebrada la semana siguiente.

En el presente artículo se ofrecen fragmentos de las conclusiones del Foro sobre la seguridad de los reactores del tipo de Chernobil (RBMK) y las condiciones del emplazamiento de la propia central de Chernobil.

Causas del accidente

Durante los diez últimos años, numerosos grupos de científicos han investigado los sucesos que condujeron al accidente del 26 de abril de 1986 en la Unidad 4 de la central nuclear de Chernobil. Pese a que aún existen algunas lagunas en la información relacionada con los pormenores de ciertos fenómenos del accidente, lo que se conoce hasta hoy basta para determinar las causas y adoptar medidas eficaces que eviten la repetición de un hecho de esa naturaleza.

Según el punto de vista actual, las principales causas del accidente se pueden resumir de la manera siguiente:

- deficiencias graves en el diseño físico del reactor y en el diseño de los sistemas de parada;
- alto efecto positivo de huecos durante las condiciones de explotación con un alto grado de quemado;
- efecto positivo de la parada de emergencia en las condiciones del reactor previas al accidente;
- falla de incorporación del margen operacional de reactividad (ORM) a la protección del reactor;
- carencia de cultura de la seguridad en las organizaciones competentes que originó la incapacidad de remediar defectos importantes, pese a ser éstos conocidos mucho antes del accidente;
- un programa de ensayos insuficientemente fundamentado y revisado en relación con la seguridad tecnológica;
- violación de los procedimientos de explotación;
- funcionamiento y equipo de explotación que imponían exigencias injustificadas al personal competente;
- insuficiente protección contra accidentes que exceden de la base de diseño.

Seguridad de los RBMK

Hay consenso general respecto de que el diseño original del núcleo y del sistema de parada de los RBMK presentaba graves deficiencias. Esto es válido para todas las generaciones de centrales RBMK. Entre 1987 y 1991 se llevó a cabo una primera fase de mejoras de la seguridad de todas las unidades RBMK dirigidas a los problemas más graves en esta esfera.

Se ha reducido el efecto de la reactividad de huecos mediante la instalación de 80 a 90 absorbentes adicionales y el incremento del margen operacional de reactividad hasta de 43 a 45 barras de control manual, así como el aumento del enriquecimiento del combustible al 2,4%.

Se ha aumentado la eficiencia del sistema de parada de emergencia mediante la eliminación de las columnas de agua; el incremento del número de barras de control inferiores que se insertan en el núcleo junto con las barras superiores después de las señales de disparo; la velocidad de inserción de las barras; un nuevo sistema de parada rápida; y señales adicionales para el sistema de control y seguridad.

Se ha fortalecido la organización y la explotación mediante un cómputo más frecuente y representación visual del margen operacional de reactividad; y el perfeccionamiento del reglamento de explotación. También se han realizado progresos en otras esferas como la instalación de estaciones de parada a distancia, los ensayos no destructivos y la capacitación del personal (simulador). La aplicación de estas medidas varía de una central a otra.

Subsisten problemas que no corresponden a la primera fase de mejoras que requieren una atención mayor y dependen mayormente de las diferentes etapas del desarrollo de los RBMK.

No cabe duda de que se han realizado importantes mejoras en relación con las deficiencias en materia de seguridad que dieron lugar al accidente de Chernobil. En cuanto a otras cuestiones de seguridad está en marcha o prevista la mejora de la seguridad. En la ejecución de esta segunda fase de mejoras se sigue tropezando con serias dificultades financieras lo que podría calificarse como un problema actual importante, si no el principal, que enfrenta la seguridad de los RBMK.

Problemas de los RBMK sin resolver aún. El análisis realizado hasta hoy demuestra que, desde el

Vista aérea de la central nuclear de Chernobil. El sarcófago (primer plano) encierra la unidad destruida en el accidente.
(Cortesía: Mouchkin/OIEA)

punto de vista técnico, las conocidas deficiencias en materia de seguridad en los RBMK de las segunda y tercera generaciones se pueden superar con medidas ampliamente compatibles con el concepto de defensa en profundidad. Muchas de las medidas que deben adoptarse han sido ya definidas y acordadas internacionalmente.

La factibilidad de readaptar a posteriori los RBMK de primera generación plantea otras interrogantes además de las relacionadas con las generaciones segunda y tercera de la central. En los países occidentales han existido serias dudas respecto de la viabilidad y rentabilidad de las readaptaciones. Sin embargo, desde la perspectiva actual, es menester reconocer que los programas de mejoras en ejecución tratan de resolver la mayoría de las inquietudes acerca de la seguridad. Entre ellos se incluye la readaptación a posteriori de características de seguridad esenciales como los sistemas de control y protección, los sistemas de refrigeración de emergencia del núcleo, y el confinamiento parcial. Es obvio que estos programas se traducirán en mejoras significativas aun cuando no siempre reproduzcan las soluciones técnicas introducidas en las nuevas centrales RBMK. Cuando resulta difícil aplicar enfoques "clásicos", éstos frecuentemente se apoyan en "soluciones compensatorias".

Problemas específicos de Chernobil

La mayoría de las consideraciones anteriores sobre la seguridad de los RBMK son válidas también para la central de Chernobil. No obstante, la situación en Chernobil tiene características específicas debido a que existe una gama de problemas específicos del emplazamiento, los cuales se relacionan tanto con la seguridad de las unidades restantes como con las consecuencias del accidente.

Aunque existen planes de parar los reactores de Chernobil en el futuro inmediato, deberían ejecutarse los programas internacionalmente acordados destinados a mejorarlos para garantizar la seguridad durante el resto de su vida útil.

En cuanto a las consecuencias del accidente, las preocupaciones se centran en el sarcófago construido alrededor del reactor destruido, en el material radiactivo contenido en el sarcófago, y en el material radiactivo enterrado en el emplazamiento.

Panorama de las actividades internacionales sobre la seguridad de los RBMK

En respuesta a una solicitud formulada inicialmente por la antigua Unión Soviética, en 1992 el OIEA puso en marcha un programa sobre la seguridad de los RBMK* . Su objetivo es consolidar los resultados de diversas actividades nacionales, bilaterales y multilaterales y lograr un consenso internacional sobre las mejoras necesarias en materia de seguridad y las prioridades conexas. Asimismo, sirve de ayuda a las organizaciones reguladoras y explotadoras y permite establecer una base para la adopción de decisiones técnicas y financieras.

El programa abarca una amplia gama de actividades, y desde 1992 se ha realizado una serie de exámenes y evaluaciones. Durante la primera fase del programa, Smolensk-3 e Ignalina-2 sirvieron de centrales de referencia de los RBMK.

Comisión Europea. En 1991 se estableció un consorcio internacional RBMK sobre la "Seguridad de las soluciones de diseño y la explotación de las centrales nucleares con reactores RBMK" bajo los auspicios de la Comisión Europea. En el consorcio han participado ocho países occidentales (el Canadá, Finlandia, Francia, Alemania, Italia, España, Suecia y el Reino Unido) y los tres países que explotan los RBMK (Lituania, la Federación de Rusia y Ucrania). Se han estudiado las siguientes esferas temáticas: ingeniería de sistemas y progresión de los accidentes, sistemas de control y protección, física del núcleo, sucesos externos, calidad tecnológica, experiencia operacional, factores humanos, interfaz reglamentaria y evaluación probabilista de la seguridad (EPS).

Se han presentado más de 300 recomendaciones para aumentar la seguridad. Muchas de ellas habían sido reconocidas anteriormente por diseñadores y explotadores, y se habían tomado medidas, mientras que otras son recomendaciones nuevas importantes.

Asociación Mundial de Explotadores de Instalaciones Nucleares (AMEIN). En 1992 un grupo de usuarios internacionales de reactores soviéticos determinó necesidades comunes para aumentar la seguridad de los RBMK, las cuales incluyen medidas aplicadas ya o completamente preparadas para su puesta en práctica y las que aún deben ejecutarse

Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo (BERD). Al finalizar 1995, catorce países y la Unión Europea habían prometido aportar 245 millo- nes de ECU a la Cuenta de Seguridad Nuclear (NSA).

La asistencia a la central de Ignalina incluye equipo de inspección durante el servicio, un simulador de tamaño natural, la protección contra incendios y la elaboración de un informe sobre el análisis de la seguridad.

La asistencia al RMBK de Leningrad se refiere a un programa para el aumento de la seguridad que incluye el suministro de un equipo similar al de Ignalina.

El Proyecto Chernobil de la NSA centra la atención en mejoras de la seguridad a corto plazo en la Unidad 3, incluida la inspección durante el servicio, la instrumentación de flujo neutrónico y el sistema de control del hidrógeno.

También se proporcionan fondos con destino a instalaciones de clausura, a saber, una planta de tratamiento de desechos líquidos de actividad baja e intermedia y una instalación de almacenamiento de combustible gastado.

Programas bilaterales. ***Suecia y Lituania.*** Este programa incluye el apoyo al órgano regulador VATESI, la cooperación entre la Industria Nuclear Sueca y la central Ignalina, y diversos proyectos técnicos. Las principales esferas de asistencia se relacionan con el marco jurídico (examen de la Ley sobre Energía de Lituania), el desarrollo del sistema reglamentario, la inspección del material, la administración, y la organización así como un estudio del nivel-1 de la EPS (de la central Barselina).

Los principales proyectos técnicos abarcan esferas tales como la protección contra incendios, el mejoramiento de la capacidad de alivio de la cavidad del reactor, el mejoramiento del sistema ALS, la capacidad de almacenamiento de combustible gastado, la compactación de desechos, la mejora de la protección física de la central y el perfeccionamiento del sistema de comunicaciones.

Rusia y el Canadá, Francia, Alemania, el Japón, Italia, Suecia, Suiza, el Reino Unido y los Estados Unidos de América. Entre los programas bilaterales con Rusia se incluyen los relacionados con: el desarrollo de procedimientos de explotación de emergencia basados en síntomas (EUA), la protección contra incendios, los tapones de cierre de los canales de combustible, el mejoramiento de la instrumentación y los controles, la inspección durante el servicio, el sistema de detección de fugas (el Japón), el análisis metalúrgico, la evaluación probabilista de la seguridad, la garantía de calidad, y los códigos termohidráulicos y neutrónicos.

Perspectivas. En general se considera que los resultados de la asistencia internacional han aumentado la confianza en que se han determinado las principales deficiencias y las mejoras de seguridad necesarias en los RBMK.

La situación de la introducción de las mejoras de seguridad en cada una de las centrales varía considerablemente. Por consiguiente, todavía se precisa un esfuerzo mayor para terminar los análisis de la seguridad de cada central e introducir las mejoras de seguridad necesarias.

* En el *Boletín del OIEA*, Volumen 38, N° 1 (marzo de 1996) se publicó un panorama de este Programa.

El sarcófago. La posible inestabilidad del sarcófago es un problema importante. La preocupación se relaciona principalmente con el hecho de que los soportes más importantes de la construcción principal tuvieron que erigirse por control remoto sin sujeciones tales como soldadura y uniones empernadas. Como resultado de ello, existe gran incertidumbre en cuanto a la resistencia a posibles impactos internos y externos. Esto tiene que ver sobre todo con la resistencia a cargas o impactos externos, tales como cargas debidas, por ejemplo, al viento, la nieve o los terremotos. En general se opina que, si no se adoptan contramedidas, es considerable el riesgo de un hundimiento parcial o total durante la vida nominal del sarcófago inicialmente proyectada en unos 30 años.

Incluso en el peor de los casos, es decir, un hundimiento completo, no habría que suponer efectos generalizados. No obstante, la estabilización del sarcófago es una cuestión de alta prioridad.

El agua que entra al sarcófago es otra cuestión importante de la seguridad. El agua estimula la desintegración de las masas de combustible en polvo y la degradación de las estructuras del edificio por la corrosión, y puede aumentar la reactividad de las masas de combustible. En cuanto al riesgo de contaminación de las aguas subterráneas, la existencia de agua en el sarcófago representa cierto riesgo a largo plazo. No obstante, se supone que este riesgo sea mucho menor que el que representa el contacto del agua con el material radiactivo enterrado fuera del sarcófago.

Se han investigado ampliamente las posibilidades de la recriticidad. Se ha comprobado que el sarcófago es actualmente seguro desde el punto de vista de la criticidad. No obstante, no puede descartarse completamente la existencia de configuraciones de masas de combustible dentro del sarcófago que pudieran alcanzar un estado crítico si entraran en contacto con el agua. Sin embargo, incluso aunque ello produjera campos de radiación significativos dentro del sarcófago, no habría que preocuparse ni por las emisiones grandes fuera del emplazamiento ni por los efectos mecánicos en un suceso de esa índole. También se deberían aclarar los efectos en el personal de explotación de las demás unidades.

Otro asunto específico de la central de Chernobil es el de las posibles consecuencias que para la seguridad tiene la proximidad del sarcófago y del reactor destruido a la colindante Unidad 3 en funcionamiento. En general se supone que los riesgos sean insignificantes, pero es necesario seguir investigando este asunto. (Nota: Las opiniones difieren mucho sobre la importancia del riesgo de accidente en la Unidad 3 de Chernobil a causa del hundimiento del sarcófago. Es preciso realizar investigaciones más detalladas sobre este asunto.)

Otros problemas específicos del emplazamiento

Los demás problemas específicos del emplazamiento se relacionan con la contaminación, particularmente con el material radiactivo enterrado en él. El tipo y magnitud de la contaminación se conocen perfectamente mediante las mediciones. Aunque la tasa de dosis local es considerablemente elevada, hay acceso a la mayoría de las áreas. Sin embargo, los depósitos provisionales de material altamente radiactivo, como es el caso del combustible nuclear expulsado por el reactor durante el accidente, representan un obstáculo para las medidas de construcción y reconstrucción. Además, las sustancias radiactivas llegan al agua subterránea del lugar. En la actualidad, la contaminación sigue siendo insignificante. Sin embargo, existe un riesgo considerable a largo plazo, y la evacuación ordenada de los depósitos provisionales es absolutamente necesaria.

Restauración gradual del emplazamiento

Debido a la magnitud de los problemas que hay que solucionar en Chernobil, es obvio que se necesita realizar esfuerzos mayores a largo plazo. Se debe asegurar la estabilidad del sarcófago, lograr la seguridad permanente del reactor destruido, evacuar los desechos y reconstruir el emplazamiento. Ello requerirá cuantiosos recursos.

En general se considera que estos problemas demandan un enfoque integrado dividido en etapas pertinentes. Dicho enfoque debería basarse en objetivos realistas que tengan en cuenta las condiciones radiológicas del emplazamiento y las prioridades debidas en materia de seguridad y evacuación de desechos. Su primer objetivo debería ser la estabilización del sarcófago existente, pues así se podría reducir de manera significativa el riesgo de desmoronamiento de la protección y disponer de tiempo para reflexionar y planificar detenidamente otras medidas como la construcción de un nuevo refugio y la gestión de los desechos. Esto incluiría la recuperación total o parcial de las masas de combustible que están dentro del sarcófago, y la evacuación del material radiactivo enterrado en el emplazamiento.

DATOS ESTADISTICOS INTERNACIONALES

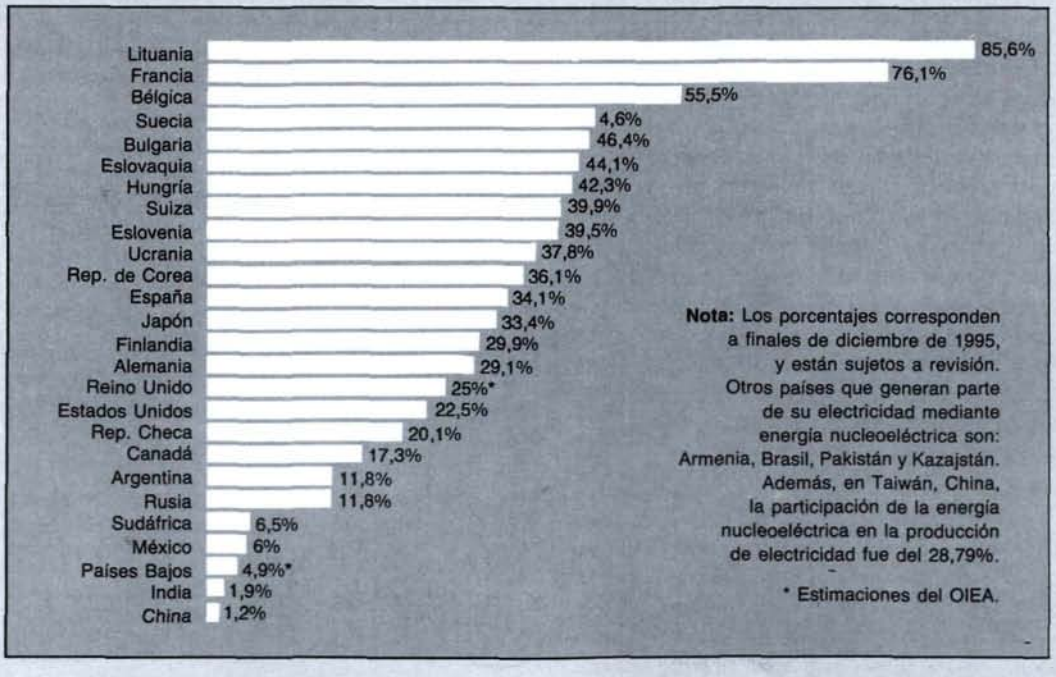
Reactores de energía nucleoeléctrica en el mundo

	En funcionamiento		En construcción	
	Nº de unidades	MW(e) totales netos	Nº de unidades	MW(e) totales netos
Alemania	20	22 017		
Argentina	2	935	1	692
Armenia	1	376		
Bélgica	7	5 631		
Brasil	1	626	1	1 245
Bulgaria	6	3 538		
Canadá	21	14 907		
China	3	2 167		
Corea, República de	11	9 120	5	3 870
Eslovaquia	4	1 632	4	1 552
Eslovenia	1	632		
España	9	7 124		
Estados Unidos de América	109	98 784	1	1 165
Finlandia	4	2 310		
Francia	56	58 493	4	5 810
Hungría	4	1 729		
India	10	1 695	4	808
Irán, Rep. Islámica del			2	2 146
Japón	51	39 893	3	3 757
Kazajstán	1	70		
Lituania	2	2 370		
México	2	1 308		
Países Bajos	2	504		
Pakistán	1	125	1	300
Reino Unido	35	12 908		
República Checa	4	1 648	2	1 824
Rumanía			2	1 300
Rusia, Federación de	29	19 843	4	3 375
Sudáfrica	2	1 842		
Suecia	12	10 002		
Suiza	5	3 050		
Ucrania	16	13 629	5	4 750
Total mundial*	437	344 422	39	32 594

Notas al cuadro: En 1995 se pararon dos reactores (incluidos el Bruce-2 del Canadá, que podría entrar en servicio de nuevo en el futuro).

* El total incluye a Taiwán, China, donde hay seis reactores en funcionamiento con una capacidad total de 4884 MW(e).

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



Nota: Los porcentajes corresponden a finales de diciembre de 1995, y están sujetos a revisión. Otros países que generan parte de su electricidad mediante energía nucleoeléctrica son: Armenia, Brasil, Pakistán y Kazajstán. Además, en Taiwán, China, la participación de la energía nucleoeléctrica en la producción de electricidad fue del 28,79%.

* Estimaciones del OIEA.

Cuadragésima reunión ordinaria de la Conferencia General del OIEA

Está previsto que la cuadragésima reunión ordinaria de la Conferencia General del OIEA comience el 16 de septiembre de 1996 en el Centro Austria de Viena. En las reuniones, que transcurrirán durante una semana, participarán delegaciones gubernamentales de alto nivel de los 124 Estados Miembros del Organismo, quienes adoptarán decisiones sobre cuestiones que inciden en las políticas, programas y presupuesto del OIEA.

El orden del día provisional abarca temas relacionados con el fortalecimiento de la cooperación internacional en materia de seguridad nuclear, radiológica y de la gestión de desechos; el fortalecimiento de las actividades de cooperación técnica; el fortalecimiento de la eficacia y la eficiencia del sistema de salvaguardias; las medidas contra el tráfico ilícito de materiales nucleares y otras fuentes radiactivas; el uso extensivo de la hidrología isotópica para la ordenación de los recursos hídricos; la aplicación del acuerdo de salvaguardias concertado entre el OIEA y la República Popular Democrática de Corea; el cumplimiento de las resoluciones del Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas relativas al Iraq; el establecimiento de una zona libre de armas nucleares en Africa; la aplicación de las salvaguardias en el Oriente Medio; y el programa y presupuesto del Organismo para 1997.

Paralelamente a la Conferencia se están organizando varias actividades que incluyen, entre otros, un programa científico especial sobre tres temas: ciclo del combustible nuclear avanzado, nuevos conceptos para el futuro; gestión de la información por el OIEA en beneficio de los Estados Miembros, fomento de la tecnología de la información; y tendencias en las aplicaciones de los reactores de investigación. Por otra parte, se está organizando una reunión informativa sobre el programa de desarrollo de las salvaguardias del OIEA. También se prevé celebrar la reunión tradicional de altos funcionarios sobre seguridad nuclear, en la que se abordarán los resultados de la Conferencia Internacional sobre Chernobil, convocada por el OIEA y otras organizaciones en abril del presente año.

Para obtener más información sobre la Conferencia General, diríjase a la División de Información Pública, o utilice los servicios Internet de *World Atom* del OIEA en World Wide Web en http://www.iaea.or.at/worldatom.

Reuniones de la Junta de Gobernadores del OIEA

En octubre de 1996 un comité de la Junta de Gobernadores del OIEA celebrará su segunda reunión sobre un proyecto de Protocolo que permitirá al OIEA tener mayor acceso a información y lugares como parte de los esfuerzos encaminados a fortalecer el sistema de salvaguardias. El Comité sobre el fortalecimiento de la eficacia y el aumento de la eficiencia del sistema de salvaguardias fue establecido por la Junta el 14 de junio, y celebró su primera reunión del 2 al 4 de julio en la sede del OIEA. A la reunión asistieron representantes de 65 Estados y la Comisión Europea y la Agencia Brasileño-Argentina de Contabilidad y Control de Materiales Nucleares. El Comité está presidido por el Embajador J.Th.H.C van Ebbenhorst Tengbergen, de los Países Bajos, actual Presidente de la Junta de Gobernadores del OIEA.

En su reunión de julio, el Comité procedió a la primera lectura del proyecto de Protocolo, documento jurídico que complementaría los acuerdos de salvaguardias amplias y definiría, entre otras cosas, el tipo de acceso adicional a información y emplazamientos del ámbito nuclear para uso de los inspectores del Organismo.

Al establecer el Comité, la Junta reconoció que un mayor nivel de información, incluida la toma de muestras ambientales y un mayor acceso físico, reforzaría la capacidad del Organismo para detectar material y actividades nucleares no declarados. La Junta hizo hincapié en que se espera que las nuevas medidas permitan alcanzar un equilibrio entre la necesidad de información y acceso del Organismo por una parte, y la necesidad de los Estados de proteger sus intereses legítimos y respetar sus obligaciones constitucionales, por la otra. También destacó que al aplicar esas medidas, el Organismo debería velar estrictamente por el carácter confidencial de la información recibida, así como de todo el proceso de verificación.

La Junta opinó además que se requiere la cooperación de todos los Estados a fin de fortalecer la capacidad del Organismo para detectar eficazmente el material y las actividades nucleares no declarados en los Estados de que se trate y aumentar la eficiencia del programa de salvaguardias. En este sentido, acogió con beneplácito la disposición expresada por los Estados poseedores de armas nucleares de analizar la mejor forma de contribuir a la aplicación del programa fortalecido que se está examinando.

Aplicación de las salvaguardias en 1995. Durante 1995, el OIEA no descubrió ningún indicio de desviación de material nuclear, ni de uso indebido de instalaciones, equipo o material no nuclear sometidos a salvaguardias. Por consiguiente, llegó a la conclusión de que dichos elementos siguieron adscritos a actividades pacíficas, o de no ser así, se dio cuenta adecuada de ellos. Con todo, el Organismo no había podido todavía verificar la declaración inicial de la República Popular Democrática de Corea (RPDC). La RPDC no cumple plenamente su acuerdo de salvaguardias.

A finales de 1995 estaban en vigor acuerdos de salvaguardias del Organismo concertados con 125 Estados (y con Taiwán, China). De esos Estados, 66 (y Taiwán, China) tenían actividades nucleares que fueron inspeccionadas. También se aplicaron salvaguardias en cinco Estados con acuerdos bilaterales o multilaterales que abarcan material, instalaciones o equipo nucleares o no nucleares especificados, así como en instalaciones designadas en los cinco Estados poseedores de armas nucleares. En el transcurso de ese año se inspeccionó un total de 554 instalaciones nucleares y otros lugares que contienen materiales nucleares. En total se llevaron a cabo 2285 inspecciones, que exigieron 10 167 días-persona de inspección.

Para esta labor el OIEA emplea unos 200 inspectores sobre el terreno, y el presupuesto para esta actividad en 1995 fue de 88.6 millones de dólares de los Estados Unidos, más otros 14 millones de dólares procedentes de fondos extrapresupuestarios aportados por ocho Estados Miembros. La mayor parte de la labor de inspección del OIEA se realiza conforme a acuerdos concertados en virtud del Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares (TNP), que en mayo de 1995 fue prorrogado indefinidamente.

Otros aspectos destacados de las actividades de salvaguardias del OIEA en 1995. El OIEA mantuvo, y aún mantiene, un grupo de inspectores en el Iraq y la RPDC. En los Estados Unidos se aplicaron salvaguardias a los materiales nucleares excedentes del programa militar de ese país en 1995 y sometidos voluntariamente a las salvaguardias del Organismo, además del material excedente en 1994. También en 1995, el OIEA efectuó la verificación de los inventarios iniciales de los materiales nucleares presentados por Belarús, Kazajstán y Ucrania, tres de los Estados recientemente independizados de la antigua Unión Soviética.

Aunque las actividades de salvaguardias del OIEA fueron efectivas en 1995, se enfrentaron varias dificultades en materia de ejecución, entre otras, dificultades técnicas con el equipo de vigilancia del Organismo, así como restricciones administrativas impuestas por diversos Estados con respecto a la designación de inspectores y la disponibilidad de visas de entradas múltiples a largo plazo para ellos. El Organismo está tomando medidas para resolver esos problemas.

Estudio radiológico de Mururoa

Durante julio y agosto de 1996, equipos internacionales de científicos tomaron muestras terrestres y marinas en los atolones de Mururoa y Fangataufa, en el Pacífico, en el contexto del estudio radiológico solicitado al OIEA por el Gobierno de Francia. Los equipos visitaron los atolones en relevos, a fin de tomar muestras, incluidos plancton, peces, agua de mar, sedimento de lagunas, corales, suelo, cocos y vegetación.

Posteriormente, las muestras recogidas se analizarán en una red de laboratorios de todo el mundo, incluida la región del Pacífico. Los resultados se enviarán al OIEA en Viena, cuyos propios laboratorios en Seiberdorf, Austria, y en Mónaco también participarán en la toma de muestras y en los análisis. Los datos de los estudios franceses ya efectuados se utilizarán con fines comparativos en la labor científica a fin de determinar la situación radiológica en los atolones. Se prevé que esta parte del estudio global demore unos seis meses.

Independientemente, en el marco del estudio, geólogos examinarán la situación partiendo de posibles hipótesis futuras, incluso a muy largo plazo, utilizando técnicas de elaboración de modelos que toman como punto de partida, entre otras cosas, las características geológicas de los atolones, la experiencia adquirida en otros emplazamientos de ensayos nucleares, y la información proporcionada por las autoridades francesas con respecto a su propia serie de ensayos.

Más tarde, los resultados de esta labor se consolidarán con otras partes del estudio y se divulgarán. Se espera que el informe final se publique a principios de 1998.

El estudio fue solicitado por Francia en 1995 y anunciado por el Director General del OIEA, Dr. Hans Blix, en la Conferencia General del Organismo ese mismo año. El estudio se está realizando bajo la orientación y dirección de un Comité Asesor Internacional integrado por destacados científicos de diez países, presidido por la Dra. E. Gail de Planque, de los Estados Unidos, y compuesto también por representantes *ex officio* del Foro del Pacífico Sur, el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas, la Organización Mundial de la Salud y la Comisión Europea.

El Comité como tal tiene la intención de visitar la Polinesia francesa en fecha posterior, momento en que está previsto celebrar una conferencia de prensa sobre los progresos registrados en el estudio.

Informe anual para 1995 del OIEA

En el *Informe Anual para 1995* del OIEA, que se publicará en septiembre, se resumen los logros más importantes del OIEA en cuanto al desarrollo seguro de las tecnologías nucleares y la verificación de sus usos pacíficos. El pasado año fue testigo de notables progresos en algunas importantes esferas de la labor del OIEA, y de esfuerzos por seguir aumentando la influencia y eficiencia de las actividades del Organismo.

Entre las actividades destacadas en el informe se encuentran:

Fortalecimiento de las salvaguardias. En 1995 la Junta de Gobernadores del OIEA aceptó el plan del Director General para aplicar prontamente, con arreglo a las facultades legales existentes, medidas encaminadas a fortalecer el actual sistema de salvaguardias. Entre esas medidas figuran el aumento del acceso a la información, ampliación del acceso físico a emplazamientos y lugares, y la optimización del sistema actual mediante el aumento de la cooperación con los Estados y la introducción de nuevos sistemas de medición y vigilancia con fines de salvaguardias. En diciembre de 1995, la Junta también realizó un examen inicial de otras medidas propuestas que requerirían facultades legales complementarias para su aplicación.

Tráfico ilícito de materiales nucleares. En 1995 el Organismo estableció un programa especial en esta esfera y creó una base de datos de incidentes de tráfico ilícito para proporcionar a los Gobiernos de los Estados Miembros y al público información fehaciente. Asimismo realizó cursos de capacitación en el establecimiento de sistemas de contabilidad y control de materiales nucleares y en métodos y tecnología de protección física. Se siguió coordinando el apoyo técnico a algunos Estados Miembros.

Estudios radiológicos. En 1995 se realizaron o iniciaron estudios de la situación radiológica en antiguos emplazamientos de ensayos nucleares. El OIEA organizó un nuevo examen de la situación radiológica en el atolón de Bikini de las Islas Marshall y también inició un examen de una zona de Kazajstán en la que durante muchos años se habían ensayado armas nucleares. A solicitud de Francia, el Organismo comenzó además los preparativos para evaluar la situación radiológica en los atolones de Mururoa y Fangataufa.

Seguridad de los desechos. La Junta de Gobernadores del OIEA convocó un grupo de composición abierta de expertos jurídicos y técnicos con objeto de elaborar un proyecto de convención sobre la gestión segura de los desechos radiactivos. En el transcurso del año se celebraron dos reuniones con buenos progresos.

Desarrollo sostenible y energía nuclear. Entre otras actividades, el OIEA, en cooperación con otras nueve organizaciones internacionales, celebró en octubre de 1995 un simposio internacional sobre evaluación comparativa en apoyo a la adopción de decisiones en el sector eléctrico. El simposio giró alrededor de la información requerida para adoptar decisiones y establecer políticas sostenibles en el sector eléctrico, teniendo en cuenta los factores económicos, sociales, sanitarios y medio ambientales.

Fortalecimiento de la cooperación técnica. En 1995 se adoptaron varias iniciativas para fortalecer el programa de cooperación técnica del OIEA y hacerlo más eficaz para el desarrollo sostenible. Muchas de estas iniciativas se refirieron a la planificación mejorada. También se estableció un Grupo Asesor Permanente sobre asistencia y cooperación técnicas (SAGTAG) que se reunió por primera vez en diciembre. El grupo examinará la política y estrategia y formulará recomendaciones al Organismo.

Aplicaciones basadas en la energía nuclear y las radiaciones. Los programas del OIEA de investigación y desarrollo de tecnologías basadas en la energía nuclear obtuvieron algunos logros notables en 1995. Cierto número de países informaron haber tenido éxito con las aplicaciones de las técnicas basadas en las radiaciones para combatir las plagas de insectos que amenazan la agricultura. También se emprendieron nuevos programas en las esferas de la atención de la salud y la nutrición en colaboración con la Organización Mundial de la Salud. El OIEA inció además un programa de investigación sobre el uso de fangos de alcantarillado irradiados con miras a incrementar la fertilidad de los suelos y el rendimiento de los cultivos y coadyuvar a la conservación del medio ambiente. En marzo de 1995, los problemas hídricos fueron el tema central de un simposio auspiciado por el Organismo que examinó las aplicaciones prácticas de las técnicas que hoy día se utilizan en la ordenación de los recursos de agua subterránea.

Seguridad de las fuentes de radiación. Como parte de la labor encaminada a prestar asistencia a los países en la gestión segura de las fuentes de radiación empleadas en la industria, la medicina y otras esferas, el OIEA publicó un paquete de programas de computadora y documentación para su empleo por los administradores de registros encargados de la vigilancia y el inventario de las fuentes de radiación selladas.

Seguridad nuclear en Europa oriental y la antigua URSS. Se hicieron progresos en los esfuerzos del Organismo por ayudar a los países que cuentan con tipos específicos de centrales nucleoeléctricas en esas regiones. Dado que ya se ha alcanzado un consenso internacional sobre las mejoras propuestas, la atención se centró en el examen de la situación de su puesta en práctica.

El *Informe Anual* (solamente en inglés) puede solicitarse a la División de Información Pública. También se dispone de una versión electrónica en línea mediante los servicios Internet de *World Atom* del OIEA en http://iaea.or.at/worldatom.

Actualización sobre la desalación por medios nucleares

En septiembre de 1996, la Conferencia General del OIEA examinará un informe sobre las actividades del Organismo encaminadas a ayudar a los países con escasez de recursos de agua potable. El informe se centra en los esfuerzos relacionados con la desalación de agua de mar mediante el uso de la energía nuclear. El Organismo ha emprendido una serie de estudios de viabilidad, y vigilado la ejecución de los programas de desalación por medios nucleares en Estados Miembros, entre ellos, Marruecos, Indonesia, Egipto, la República de Corea, la India y la Federación de Rusia.

Entre las actividades del OIEA citadas en el informe figuran la conclusión de un estudio de viabilidad para la región de Africa del Norte y la organización de varias reuniones en 1995 y principios de 1996 en las que se examinaron los avances logrados en la esfera, el diseño de reactores nucleares para las aplicaciones de la desalación, y la experiencia mundial en la combinación de las centrales nucleares con las redes de calefacción urbana y los procesos de desalación. En todo el mundo, fundamentalmente en la antigua Unión Soviética y los países de Europa oriental, se han acumulado unos 500 años-reactor de experiencia operacional con reactores nucleares de cogeneración y reactores que sólo generan calor. En lugares del Japón y Kazajstán se ha usado la energía nuclear para desalar agua de mar. Si bien en el Japón casi toda el agua desalada se consume en las centrales nucleares, en Kazajstán el complejo de desalación abastece de agua a una zona residencial aledaña.

En conjunto, 22 países y varias organizaciones están apoyando los planes de trabajo del OIEA para ayudar a los Estados a producir agua potable en forma económica. Para los próximos años, el Organismo prevé realizar diversas actividades relacionadas con la desalación por medios nucleares, incluido un estudio complementario del estudio de viabilidad para la región de Africa del Norte y la prestación de servicios de expertos para un examen de las capacidades de la infraestructura regional. Un próximo paso en el desarrollo de la tecnología sería que uno o más países comenzaran a prepararse para proyectos de demostración.

También se está organizando para mayo de 1997 un simposio internacional sobre desalación por medios nucleares, y se ha establecido un Comité Directivo integrado por representantes de nueve países y organizaciones internacionales. La Comisión Europea, el Centro para el Desarrollo Tecnológico Mundial, la Asociación Internacional para la Desalación, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) han manifestado su voluntad de dar apoyo al Simposio en diferentes formas.

YOUR LINKS ON THE INTERNET

WORLD ATOM

- IAEA Press Releases
- Articles from the IAEA Bulletin
- Director General statements
- Topical overviews
- IAEA meetings

TECATOM

- Project updates
- Agency programmes and nuclear development
- Scientific databases
- The IAEA Annual Report
- Reports and documents
- Conference reports

Visit the IAEA's World Atom and TecAtom World Wide Web sites at http://www.iaea.or.at. If you want to reach us by electronic mail, the address is iaeo@iaea1.iaea.or.at.
On line, the facts are yours 24 hours a day.

México: Seminario sobre información nuclear

Recientemente México fue sede de un Seminario Regional sobre Atomos para el Desarrollo organizado por el OIEA en colaboración con el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ). El seminario conmemoró el cuadragésimo aniversario del ININ y el centenario del descubrimiento de la radiactividad. En él participaron periodistas, funcionarios gubernamentales y comunicadores nucleares de México y otros países de la región como Cuba, Ecuador, Panamá y Venezuela. Alrededor de 500 participantes asistieron a las reuniones celebradas del 18 al 20 de junio en el ININ, situado en los alrededores de La Ciudad de México, y en el Colegio de Ingenieros.

En su discurso de apertura, el Director General del OIEA, Dr. Hans Blix, centró su atención en el tema de la energía nuclear y el desarrollo sostenible y citó como ejemplos proyectos de México y otros países que están demostrando las funciones prácticas y potenciales de tecnologías nucleares que respaldan el desarrollo ecológicamente racional. El Director General también asistió a un programa especial que incluyó un debate con el Presidente de México, Sr. Ernesto Zedillo.

Otros oradores se refirieron a diversos temas, como el uso de la energía nuclear para la generación de electricidad; la seguridad de las tecnologías mediante programas de cooperación técnica; y aspectos regionales de la no proliferación nuclear. El seminario fue organizado en el marco de un programa extrapresupuestario de información pública financiado por el Japón.

Perú: Se analiza la posibilidad de aplicar la TIE

El Perú está analizando más detenidamente la posibilidad de aplicar la Ténica de insectos estériles (TIE), tecnología basada en las radiaciones, en una campaña de erradicación de la mosca mediterránea de la fruta (moscamed) en el país. La moscamed es una plaga que cada año destruye fruta en las zonas infestadas por valor de millones de dólares. La TIE consiste en la cría de vastas cantidades de insectos machos en instalaciones especiales donde se les estiriliza mediante dosis bajas de radiación, luego se liberan a su medio natural, donde se aparean sin producir descendencia.

En cooperación con Chile, el Perú está tratando de erradicar la moscamed en las regiones meridionales del país y de prepararse para una campaña de lucha integrada en otras regiones. Oficiales de proyecto del Perú y Chile, que conjuntamente están procurando asistencia técnica para el proyecto propuesto, se reunieron en julio de este año en Viena con funcionarios y personal técnico del OIEA con miras a elaborar estrategias y planes de trabajo para el proyecto. Se prevé que el apoyo del Organismo incluiría el suministro de tecnología para la determinación del sexo por medios genéticos con destino a la instalación de cría en masa en Chile, así como capacitación, equipo especializado y apoyo técnico a las actividades en el terreno en el Perú. En virtud del proyecto, la instalación chilena de cría en masa proporcionaría moscas estériles al Perú.

La campaña de erradicación ya comenzó en Tacna, valle ubicado en la zona más meridional del Perú. Mediante una labor de cooperación, financiada fundamentalmente por Chile, más de 20 millones de moscamed estériles producidas en la instalación chilena de Arica se están enviando y liberando semanalmente en la región peruana. El problema de la moscamed es costoso para el Perú, pues su producción de frutas, que reporta varios millones de dólares, abarca más de 175 000 hectáreas. Se estima que las pérdidas anuales atribuidas a la moscamed superan los 25 millones de dólares de los Estados Unidos. Los mangos, las uvas, las mandarinas, y otros cítricos son las principales frutas de exportación.

Las actividades planificadas en el Perú forman parte de un ambicioso Programa Nacional de Lucha contra la Moscamed y su Erradicación. En las zonas costeras es posible crear zonas libres de moscamed gracias al aislamiento geográfico de los valles frutícolas. El país también ha previsto construir dos nuevas instalaciones de cría en masa y modernizar una vieja instalación en Lima, que se utilizarán para producir moscas de la fruta estériles de las especies moscamed y anatrepha. Esta última coexiste con la moscamed en muchas regiones y también hay que combatirla.

Rumania: Primera central nuclear

Cernavoda, primera central nuclear de Rumania, fue conectada a baja potencia a la red nacional de electricidad en julio. En los informes se señala que se espera que el reactor quede plenamente en línea en noviembre, una vez concluidas las pruebas finales. La central, que consiste en una unidad de 700 megavatios, fue construida en colaboración con el Canadá.

Se prevé la construcción de otras cuatro unidades nucleares tipo Candu en el emplazamiento de Cernavoda. La capacidad de la Unidad 1 podría generar hasta el 10% de toda la electricidad que actualmente produce Rumania, país que depende casi por completo de estaciones eléctricas alimentadas con carbón, petróleo y energía hidroeléctrica.

Georgia: Miembro del OIEA

La República de Georgia se convirtió oficialmente en miembro del OIEA a principios de año. A finales de mayo se notificó al Organismo que el Gobierno había depositado su instrumento de aceptación del

Estatuto del OIEA. En estos momentos el OIEA tiene 124 Estados Miembros.

Belarús: Ratificación de la Convención sobre las armas químicas

Belarús se ha convertido en el quincuagésimo sexto Estado que ratifica la Convención sobre las armas químicas al depositar el 11 de julio los instrumentos jurídicos pertinentes. Hasta el momento 160 Estados han firmado la Convención, que entrará en vigor 180 días después de la fecha del depósito del sexagésimo quinto instrumento de ratificación.

La Convención prohíbe desarrollar, producir, adquirir, conservar, almacenar, transferir y emplear armas químicas, y es el primer acuerdo multilateral de desarme que estipula la eliminación total de toda una categoría de armas de destrucción en masa. La Organización para la Prohibición de las Armas Químicas (OPAQ), que está en proceso de formación, será la encargada de garantizar la aplicación de la Convención. La sede de la OPAQ se encuentra en La Haya, Países Bajos.

Puede obtenerse más información dirigiéndose a la Comisión Preparatoria de la OPAQ. Laan van Meerdervoort 51, 2517 AE La Haya, facsímil: 31-70-360-0944 o por conducto de Internet en http:/www.opcw.nl/

Estados Unidos: Progresos en materia de costos en la esfera nuclear, legislación sobre desechos nucleares

Según informes del Utility Data Institute (UDI), radicado en Washington, D.C., en 1995 los Estados Unidos registraron una nueva reducción de hasta un 5% en los costos de producción de sus centrales nucleares. Para toda la industria nuclear de los Estados Unidos, en 1995 los costos de producción por megavatio-hora neto de electricidad generada se situaron en los 19,11 dólares. El UDI informó que ese año la producción de electricidad había aumentado el 5%, con lo que se elevó a 674 millones de megavatios-hora.

En lo que respecta al comportamiento de las centrales nucleares, las primeras en las lista del UDI fueron North Anna, en Virginia; Vogtle en Georgia; y Wolf Creek, en Kansas. En todas ellas los costos de funcionamiento y mantenimiento fueron muy inferiores a los 12 dólares por megavatio-hora.

Después de un abrupto aumento desde los años setenta hasta mediados de los ochenta, los costos de producción de las centrales nucleares de los Estados Unidos han venido disminuyendo en el último decenio de manera sostenida. En 1995, los costos entre las 25 unidades nucleares más destacadas oscilaron entre 11,16 dólares por megavatio-hora en North Anna y 17,35 dólares en la central de Brunswick en Carolina del Norte. En conjunto, en los Estados Unidos se explotan más de 100 centrales nucleares.

Para obtener más información, diríjase al UDI, una división de datos y de publicación de directorios de la McGraw-Hill, 1200 G. Street NW, Suite 280, Washington, DC 20005-3802, Estados Unidos. Facsímil: 001-202-942-8789. Correo electrónico: info@udidata.com.

Legislación sobre desechos nucleares. El Senado de los Estados Unidos ha comenzado a examinar una nueva legislación que modificará el actual programa de gestión de desechos del país, y abordará concretamente el problema del almacenamiento, el transporte y la evacuación del combustible gastado.

Según ha informado el Instituto de Energía Nuclear (NEI), organización comercial de la industria con sede en Washington D.C., la legislación conservaría disposiciones de importancia para la industria nuclear de los Estados Unidos, como las relativas al establecimiento de un sistema integrado de gestión de desechos nucleares, incluida la construcción de una instalación central de almacenamiento provisional y un repositorio, y una red de transporte para transladar el combustible usado hacia ambas instalaciones; la creación de capacidad de almacenamiento provisional que permita satisfacer las necesidades de la industria hasta el año 2019; y la solución de los problemas de financiación de tal modo que se ponga un límite a la tarifa por kilovatio-hora.

Para obtener una información completa sobre el actual programa de gestión de desechos de los Estados Unidos, así como información sobre la nueva legislación que se está examinando en el Senado de los Estados Unidos, diríjase a NEI, Suite 400, 1776 Eye Street, NW, Wasshington, DC 200063709. Facsímil: 001-202-785-4113.

Argentina y Brasil: Ultimas noticias sobre la ABACC

El boletín periódico ABACC News ofrece lo más reciente sobre la labor de la Agencia Brasileño-Argentina de Contabilidad y Control de Materiales Nucleares (ABACC).

La ABACC se creó con el fin de administrar y aplicar un sistema común para las salvaguardias sobre todos los materiales nucleares en todas las actividades nucleares en la Argentina y el Brasil y sus actividades se coordinan con el OIEA. En la primera edición de 1996 del boletín se destaca que hasta abril de 1996 la ABACC ha efectuado 49 inspecciones en coordinación con las inspecciones de salvaguardias realizadas por el OIEA.

Para obtener más información, diríjase a ABACC, Av. Rio Branco, 123 -grupo 515, CEP 20040-005, Río de Janeiro, Brasil. Facsímil: 55-21-507-1857/232-0382.

NUEVOS NOMBRAMIENTOS EN EL OIEA. El OIEA ha anunciado cuatro nuevos nombramientos. El ***Sr. Zygmund Domaratzki***, del Canadá, ha sido nombrado Director General Adjunto del Departamento de Seguridad Nuclear, función que desempeñará a partir del 1º de agosto de 1996. De 1992 a 1994 el Sr. Domaratzki fue presidente del Grupo de Expertos convocado por el OIEA para la elaboración de la Convención sobre Seguridad Nuclear, y sustituye al ***Sr. Morris Rosen***, Director General Asistente, de los Estados Unidos. La ***Sra. Annick Carnino***, de Francia, ha sido nombrada Directora de la División de Seguridad de las Instalaciones Nucleares del Departamento de Seguridad Nuclear, cargo que desempeñará a partir del 1º de julio de 1996. La Sra. Carnino trabaja en el OIEA desde 1990. El ***Sr. Abel J. González***, de la Argentina, ha sido nombrado Director de la División de Seguridad Radiológica y de los Desechos del Departamento de Seguridad Nuclear, cargo que ocupará a partir del 1º de julio de 1996. Anteriormente, el Sr. González fue Director Adjunto de la antigua División de Seguridad Nuclear. El ***Sr. Swapan Kumar Datta***, de la India, ha sido nombrado Director de la División de Idiomas del Departamento de Administración, función que desempeñará a partir del 1º de septiembre de 1996. El Sr. Kumar Datta fue anteriormente Jefe de la Sección de Traducción al Inglés y reemplaza al ***Sr. Jean Rivals***, de Francia.

REFERENCIA AMBIENTAL. El anuario de examen y referencias sobre cooperación internacional en materia de desarrollo ambiental -el *Green Globe Yearbook*- fue publicado por el Instituto Fridtjof Nansen de Noruega. El anuario incluye evaluaciones sobre el Protocolo de Montreal, las convenciones sobre mares regionales, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, el programa contra el SIDA de la Organización Mundial de la Salud, y la incorporación de los problemas ambientales en la asistencia para el desarrollo. Además, incluye bosquejos sobre la labor de organizaciones internacionales, incluido el OIEA, y de 13 países de la Organización de Desarrollo y Cooperación Económicos. En la última edición también figuran referencias de fuentes de Internet acerca de la cooperación internacional en materia de medio ambiente y desarrollo, además de una breve guía de las conferencias electrónicas en la esfera. Para obtener más información, diríjase al Instituto, P.O.Box 326, N-1324 Lysaker, Noruega. Facsímil: 47-67-111910. Correo electrónico: green.yearbook@fni.no.

PANORAMA ENERGETICO MUNDIAL. Según informes de la Administración de Información Energética (EIA) del Departamento de Energía de los Estados Unidos, se espera que el potente crecimiento económico incremente sustancialmente la demanda mundial de energía en los dos próximos decenios. Se prevé que los mayores incrementos en cuanto al uso de energía se produzcan en la región de Asia, donde se considera que la demanda aumentará en 150% hasta el año 2015, encabezada por las economías de China y la India. La EIA señala que los niveles de vida más elevados en las economías nacientes están motivando un mayor uso de energía para la generación de electricidad y para el transporte automotriz personal. Según informes de la EIA, se prevé que en los próximos dos decenios la energía eléctrica sea la fuente de suministro energético de uso final de más rápido crecimiento en el mundo. Si bien la energía nucleoeléctrica seguirá aportando una buena parte de ese suministro, se estima que menos de la mitad de los países con programas nucleares ampliarán su capacidad en los próximos 20 años. A juicio de la EIA, el crecimiento tendrá lugar fundamentalmente en los países en desarrollo. En *International Energy Outlook 1996* figuran las proyecciones, y se puede obtener más información dirigiéndose a EIA, Forrestal Building, Room 1F-048, Washington, DC 20585. Correo electrónico: infoctr@ eia.doe.gov.

DISTINCION HONORIFICA POR ANIVERSARIO. La Facultad de Ciencias Técnicas y Naturales de la Universidad de Uppsala, Suecia, ha otorgado un certificado de honor al Dr. Sigvard Eklund, Director General Emérito del OIEA. Nacido en Suecia en 1911, el Dr. Eklund recibió su título de doctor hace 50 años y el premio se otorga en conmemoración del cincuentenario de ese logro académico. El Dr. Eklund fue Director General del OIEA desde 1961 hasta 1981.

POSTS ANNOUNCED BY THE IAEA

SYSTEMS ANALYST (Financial Systems) (96/093), Department of Administration. This P-2 post assists in both the development and technical support of the Agency's financial information system and the orderly processing of daily work. It requires a university degree in computer science or an equivalent discipline and a minimum of 2 years of relevant experience in the design and development of computing systems in LAN-based client/server platforms. Also required is knowledge of IBM mainframes using MVS, CICS and COBOL, exposure to computer-based training techniques as well as a sound knowledge of accounting principles and practices. *Closing date: 13 February 1997.*

SYSTEMS ANALYST (Financial Systems) (96/092), Department of Administration. This P-3 post assists in the development and support of the Agency's financial information system and provides advice and assistance to users and in the strategic planning of the future migration of the system to new platforms. It requires a university degree in computer science or an equivalent discipline and a minimum of 6 years of relevant experience in the design and development of computing systems in LAN-based client/server platforms. Also required is knowledge of IBM mainframes using MVS, CICS and COBOL, and exposure to computer-based training techniques as well as a sound knowledge of accounting principles and practices. *Closing date: 13 February 1997.*

HEAD, LAN SYSTEMS SUPPORT UNIT (96/089), Department of Nuclear Energy. This P-4 post manages the staff and responsibilities of the LAN Systems Support Unit which provides central LAN server and computer communications services. It requires a university degree in a computer science related field, or equivalent, and at least 10 years of relevant practical experience, of which at least 2 should be in technical project management and supervision of technical staff, and experience in the effective application of computer technology in a large international data communication environment. *Closing date: 13 March 1997.*

SECTION HEAD (96/088), Department of Safeguards. This P-5 post is responsible for directing and performing safeguards activities in accordance with relevant safeguards agreements, both within the Section and in co-ordination with the other Sections in the Division. It requires an advanced university degree in chemistry, physics, engineering or equivalent, and at least 15 years of experience in the nuclear industry, nuclear research or nuclear related international or government service of which at least 5 years should be in the field of safeguards. *Closing date: 13 March 1997.*

NDA EQUIPMENT SPECIALIST (96/087), Department of Safeguards. This P-4 post co-ordinates the Group for Calibration and Maintenance, which is responsible for the setup, calibration, testing, commissioning, maintenance and repair of all safeguards non-destructive assay (NDA) and unattended radiation monitoring equipment. It requires a university degree in engineering, or nuclear physics, with specialization in electronics and analysis technology; demonstrated capability in co-ordination of tasks and supervision of staff; technical competence in the field of nuclear monitoring electronics and safeguards instrumentation; technical competence in the field of NDA equipment engineering and application; technical competence in the field of equipment installation in nuclear facilities; technical competence in the trouble shooting and maintenance of electronic instrumentation, and 10 years of relevant professional experience, some of which in an international environment. *Closing date: 13 March 1997.*

SENIOR LEGAL OFFICER (96/086), Department of Administration. This P-5 post assists the Legal Division and collaborates with other officers of the division in the preparation of legal opinions, legal instruments and documents, and provides legal advice as required. It requires an advanced law degree with good academic record, experience with international treaty law, including law of international organisations, and nuclear law. *Closing date: 17 January 1997.*

SYSTEMS ANALYST/PROGRAMMER (2 posts) (96/085), Department of Safeguards. These P-3 posts are responsible for specifying, designing, developing and implementing computerized safeguards systems to be an integral part of the PC-based Inspection Field Support System (IFSS) and other PC-based systems. They require a university degree preferably in computer science or a related field, experience in the design and development of PC-based systems in a Windows environment; experience with Windows-based application development tools, and 6 years of relevant experience. *Closing date: 17 February 1997.*

SYSTEMS ANALYST (2 posts) (96/084), Department of Safeguards. These P-4 posts are responsible for specifying, designing, developing and implementing computerized safeguards systems and developing and managing projects which are integral to the PC-based Inspection Field Support System (IFSS) and which require interface with other PC-based systems: these applications are either LAN-based or for field use. They require a university degree preferably in computer science or related field, experience in the design and development of PC-based systems in a Windows environment; experience with Windows-based application development tools; knowledge of and experience in system development methodologies. *Closing date: 17 February 1997.*

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 suitably qualified women as well as men. More specific information about employment opportunities at the IAEA may be obtained by writing the Division of Personnel, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria.

ON-LINE ANNOUNCEMENTS. IAEA vacancy notices for professional positions, as well as sample application forms, now are available through a global computerized network that can be accessed directly. Access is through the Internet. The vacancy notices can be accessed through the IAEA's ***World Atom*** services on the World Wide Web at the following address: http://www.iaea.or.at/worldatom/vacancies Also accessible is selected background information about employment at the IAEA and a sample application form. 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, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria.

MATERIALS ACCOUNTANCY

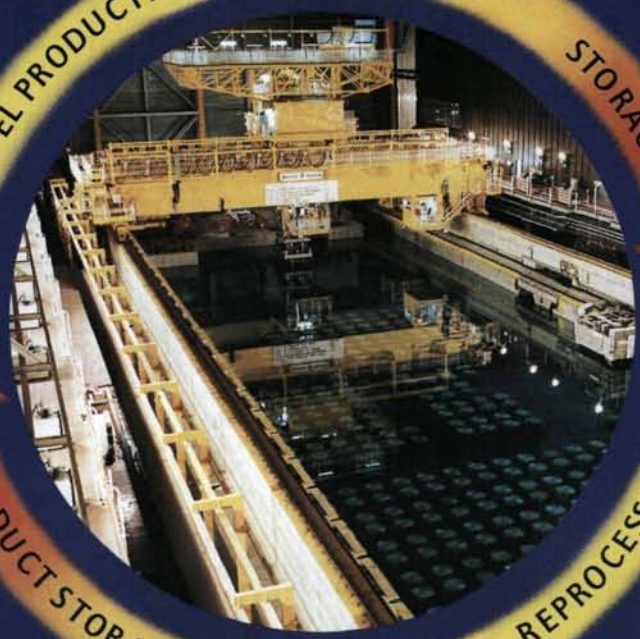
– we have the NDA solution for all fuel cycles

PIMS

- Locates plant hold-up
- Advanced Safeguards applications
- Near real time Pu inventory

Spent Fuel Monitor

- Irradiation and enrichment parameter measurement
- Single or diverse measurements
- 1 million fuel items measured



CIVIL/ MILITARY MATERIAL

DIRECT DISPOSAL

RESIDUES

Pu Can Contents Monitor

- Measures kg quantities of Pu
- Multiplication and isotopic correction
- Rapid and accurate automated measurements

Uranium Drum Enrichment Monitor

- Measures U-235 enrichment
- Satisfies transport regulations
- Ensures criticality control

Super Phonid

- Fissile measurement on enriched U residues
- HEU or LEU
- Accurate measurement in high density matrices

Our new instrumentation with operationally proven technology is designed to solve all your materials accountancy needs and satisfy regulatory requirements. It's the total NDA solution backed by *over 20 years specialist experience in every segment of the fuel cycle.*

Contact us now for the BNFL Information Pack on Materials Accountancy.

BNFL Instruments Ltd
Pelham House, Calderbridge, Cumbria
CA20 1DB England
Telephone: +44 (0) 19467 85000,
Fax: +44 (0) 19467 85001

Pajarito Scientific Corporation
278 D.P. Road, Los Alamos,
New Mexico 87544 USA
Telephone: 505 662-4192,
Fax: 505 662-2286

Pajarito Scientific Corporation is a BNFL company

BNFL Instruments

PUBLICACIONES DEL OIEA

Informes y actas

Induced Mutations and Molecular Techniques for Crop Improvement, *Proceedings Series, 2160 Austrian schillings, ISBN 92-0-102495-2*

Environmental Impact of Radioactive Releases, *Proceedings Series, 2480 Austrian schillings, ISBN 92-0-104495-X*

Tomography in Nuclear Medicine, *Proceedings Series, 1320 Austrian schillings, ISBN 92-0-101296-9*

Isotopes in Water Resources Management 1995, *Proceedings Series, Vol 1, 1360 Austrian schillings, ISBN 92-0-105595-1; Vol. 2, 1520 Austrian schillings, ISBN 92-0-100796-5*

Assessment of the Overall Fire Safety Arrangements at Nuclear Power Plants, *Safety Series No. 50-P-11, 360 Austrian schillings, ISBN 92-0-100996-8*

Radiation Protection and the Safety of Radiation Sources, *Safety Series No. 120, 160 Austrian schillings, ISBN 92-0-105295-2*

Direct Methods for Measuring Radionuclides in Man, *Safety Series No. 114, 400 Austrian schillings, ISBN 92-0-100896-1*

Human Reliability Analyses in Probabilistic Safety Assessment of Nuclear Power Plants, *Safety Series No. 50-P-10, 360 Austrian schillings, ISBN 92-0-103395-8*

The Radiological Accident at the Irradiation Facility in Nesvizh, *280 Austrians schillings, ISBN 92-0-101396-5*

Lessons Learned from Accidents at Industrial Irradiation Facilities, *240 Austrian schillings, ISBN 92-0-102696-X*

Libros de referencia/estadísticas

IAEA Yearbook 1995, *500 Austrian schillings, ISBN 92-0-101295-0*

Nuclear Power Reactors in the World, *Reference Data Series No. 2, 140 Austrian schillings, ISBN 92-0-101896-7 (IAEA-RDS-2/16)*

Nuclear Research Reactors in the World, *Reference Data Series No. 3, 200 Austrian schillings, ISBN 92-0-105195-6*

NFCIS: The Nuclear Fuel Cycle Information System, *920 Austrian schillings, ISBN 92-0-101096-6*

Operating Experience with Nuclear Power Stations in Member States in 1994, *2400 Austrian schillings, ISBN 92-0-104795-9*

LUGARES DE VENTA DE LAS PUBLICACIONES DEL OIEA

Los libros, informes y otras publicaciones del OIEA se pueden adquirir en los lugares que se señalan seguidamente o a través de las principales librerías del país. El pago se puede efectuar en moneda nacional o con cupones de la UNESCO.

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

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

BELGICA
Jean de Lannoy,
202, Avenue du Roi, B-1060 Bruselas

BRUNEI
Parry's Book Center Sdn. Bhd.,
P.O. Box 10960, 50730 Kuala Lumpur,
Malasia

CHINA
Publicaciones del OIEA en chino:
China Nuclear Energy Industry Corporation,
Translation Section,
P.O. Box 2103, Beijing

DINAMARCA
Munksgaard International Publishers Ltd.,
P.O. Box 2148, DK-1016 Copenhague K

EGIPTO
The Middle East Observer,
41 Sherif Street, El Cairo

ESLOVAQUIA
Alfa Press Publishers, Hurbanovo námestie 3,
SQ-815 89 Bratislava

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

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA Y CANADA
UNIPUB, 4611-F Assembly Drive,
Lanham, Maryland 20706-4391, EE UU

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

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

INDIA
Viva Books Private Limited,
4325/3, Ansari Road,
Darya Ganj, Nueva Delhi-110002

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

MALASIA
Parry's Book Center Sdn. Bhd.,
P.O. Box 10960, 50730 Kuala Lumpur

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

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

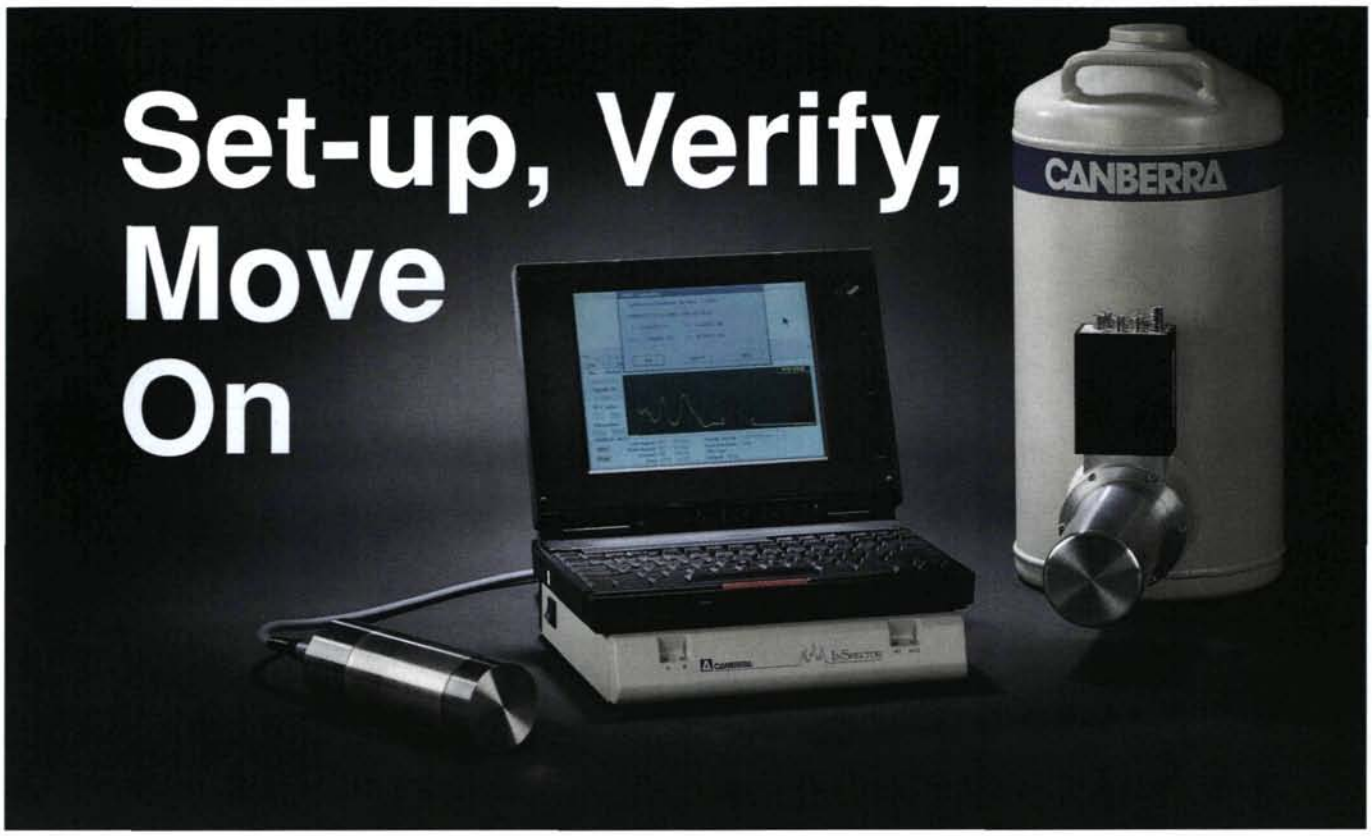
REINO UNIDO
HMSO Publications Centre,
Agency Section, 51 Nine Elms Lane,
Londres SW8 5DR

REPUBLICA CHECA
Artia Pegas Press Ltd.,
Palác Metro, Narodni tř. 25,
P.O. Box 825, CZ-111 21 Praga 1

SINGAPUR
Parry's Book Center Pte. Ltd.,
P.O. Box 1165, Singapur 913415

SUECIA
Fritzes Customer Service,
S-106 47 Estocolmo

Fuera de los Estados Unidos de América y Canadá, también pueden hacerse pedidos y consultas directamente a:
División de Publicaciones
Organismo Internacional de Energía Atómica
Wagramerstrasse 5, Apartado 100,
A-1400 Viena (Austria)
Teléfono: +43 1 2060 (22529, 22530)
Facsímil: +43 1 2060 29302
Correo eléctrónico:
SALESPUB@ADPO1.IAEA.OR.AT



Fast, Reliable On-Site Verification Measurements with IMCA

When taking on-site verification measurements for safeguards, inspectors can't afford to experience problems with outdated MCA technology, cumbersome user interfaces and complicated operating procedures. They need to set up quickly, take the measurement and move on. They need to maximize accuracy and reliability while minimizing time and operational impact at the facility.

With Canberra's IMCA (InSpector MultiChannel Analyzer), safeguards inspectors can do just that. Built on the world's smallest, full featured MCA, the IMCA offers portable, laboratory grade spectroscopy with all day operation from standard video camcorder batteries.

Measurement procedures are built-in for uranium enrichment and plutonium isotopic measurements. The IMCA supports multiple detector configurations – using Am-doped or undoped NaI detectors, CdTe detectors and HPGe detectors. Temperature compensation is built in for Am-doped NaI detectors.

Inspectors don't have to worry about setting up the MCA – setting gains or High Voltage values – in the field. Simply select the desired procedure from a menu and the system automatically downloads previously defined setups and calibrations for the exact measurement and detector in use. It's fast – and the possibility of error is virtually eliminated.

Data reduction is performed using either enrichment meter techniques or optionally, Canberra's exclusive safeguards versions of MGA or MGAU. All measurement and calibration data, system setup parameters, and performance monitoring information, are automatically archived for subsequent lab reanalysis. Built-in QA procedures verify that everything is working correctly.

Keep your inspectors moving – use the IMCA and get fast, accurate, dependable results.

For additional information on the Canberra IMCA, call, write, or fax us today.

CANBERRA
Canberra Industries Inc., Nuclear Products Group, 800 Research Parkway, Meriden, CT 06450 U.S.A.
Tel: (203) 238-2351 Toll Free 1-800-243-4422 FAX: (203) 235-1347 http://www.canberra.com

ISO 9001 SYSTEM CERTIFIED

With Offices In: Australia, Austria, Belgium, Canada, Central Europe, Denmark, France, Germany, Italy, Netherlands, Russia, United Kingdom.

BOLETIN DEL OIEA, 1995

Autores y Colaboradores
(Vol 37, N^{os} 1-4)

AMENTA, J. El INIS a los 25 años: Pionero de la autopista de la información nuclear, No.3, pág.39

ANDEMICAEL, B. Paso a paso: El TNP y el camino que le queda por delante, No. 3, pág. 30

BAECKMANN von, A. Verificación nuclear en Sudáfrica, No. 1, pág. 42

BANNER, D.L. Cooperación mundial en materia de fusión nuclear: Historial de progresos sostenidos, No. 4, pág. 16

BARRETO, P. Cooperación técnica del OIEA: Fortalecimiento de la transferencia de tecnología, No. 1, pág. 3

BARTON, J. El OIEA en línea: Vínculos más estrechos para la comunidad nuclear mundial, No. 3, pág. 44

BAXTER, M. Especialistas en ciencias del mar en los mares árticos: Documentación del historial radiológico, No. 2, pág. 31

BERTEL, E. Electricidad, salud y medio ambiente: El proyecto DECADES, No. 2, pág. 2

La energía nuclear y el debate sobre el medio ambiente: El contexto de las opciones, No. 4, pág. 2

BLIX, H. El OIEA, las Naciones Unidas y el nuevo programa nuclear mundial, No. 3, pág. 2

BONNE, A. Gestión de desechos radiactivos: Exámenes internacionales por homólogos, No. 4, pág. 26

BOOTHROYD, A.D. Energía nucleoeléctrica: Mantener abierta la opción, No. 2, pág. 14

BOUSSAHA, A. Cooperación en el campo nuclear en Africa: Fomento de los conocimientos especializados y de los recursos, No. 1, pág. 37

CHITUMBO, K. Salvaguardias en la Unión Europea: Nuevo enfoque de cooperación, No. 1, pág. 25

CLEVELAND, J.C. Fusión nuclear: Adopción de metas en materia de seguridad y medio ambiente, No. 4, pág. 22

DAVIES, L.M. Energía nucleoeléctrica: Mantener abierta la opción, No. 2, pág. l4

DILLON, G. Verificación nuclear en Sudáfrica, No. 1, pág. 42

DOLAN, T.J. Fusión nuclear: Adopción de metas en materia de seguridad y medio ambiente, No. 4, pág. 22

Cooperación mundial en materia de fusión nuclear: Historial de progresos sostenidos, No.4, pág. 16

ELBARADEI, M. El derecho internacional y la energía nuclear: Panorama del marco jurídico, No. 3, pág. 16

FLAKUS, F.N. Las radiaciones en perspectiva: Mayor comprensión de los riesgos, No.2, pág. 7

Fusión nuclear: Adopción de metas en materia de seguridad y medio ambiente, No. 4, pág. 22

HERA, C. Atomos para una agricultura sostenible: Enriquecimiento de los suelos cultivables, No. 2, pág. 36

HIDE, K. Seguridad de las centrales nucleares: Medidas para mejorar su comportamiento, No. 4, pág. 8

HOOPER, R. Salvaguardias del OIEA en los años noventa: Aprovechamiento de la experiencia adquirida, No. 1, pág. 14

JACKSON, D.P. Cooperación mundial en materia de fusión nuclear: Historial de progresos sostenidos, No. 4, pág. 16

KABANOV, L. Las centrales nucleares futuras: Armonización de los objetivos de seguridad, No. 4, pág. 12

KOUVSHINNIKOV, B.A. Cooperación mundial en materia de fusión nuclear: Historial de progresos sostenidos, No. 4, pág. 16

KUPITZ, J. Energía nuclear para desalar el agua de mar: Actualización de la documentación, No. 2, pág. 21

LINSLEY, G.S. Proyecto internacional de evaluación de mares árticos: Informe sobre la marcha de las actividades, No. 2, pág. 25

LOPEZ-LIZANA, F. Servicios de protección radiológica: Del laboratorio al terreno, No.3, pág. 26

MAKSOUDI, M. Cooperación en el campo nuclear en Africa: Fomento de los conocimientos especializados y de los recursos, No. 1, pág. 37

MAUTNER-MARKHOF, F. Energía nucleoeléctrica: Capacitación para lograr seguridad y fiabilidad, No. 2, pág. 18

MCGOLDRICK, F. Iniciativas de los Estados Unidos de América sobre el material fisionable: Consecuencias para el OIEA, No.1, pág. 49

NWOGUGU, E. El derecho internacional y la energía nuclear: Panorama del marco jurídico, No. 3, pág. 16

OPELZ, M. Paso a paso: El TNP y el camino que le queda por delante, No. 3, pág. 30

OSVATH, I. Especialistas en ciencias del mar en los mares árticos: Documentación del historial radiológico, No. 2, pág. 31

OUVRARD, R. Servicios de protección radiológica: Del laboratorio al terreno, No. 3, pág. 26

PELLAUD, B. Salvaguardias del OIEA en los años noventa: Aprovechamiento de la experiencia adquirida, No. 1, pág. 14

PERRICOS, D. Verificación nuclear en Sudáfrica, No. 1, pág. 42

POVINEC, P. Especialistas en ciencias del mar en los mares árticos: Documentación del historial radiológico, No. 2, pág. 31

PRIEST, J. Salvaguardias del OIEA y el TNP: Examen de sus interconexiones, No. 1, pág. 2

Paso a paso: El TNP y el camino que le queda por delante, No. 3, pág. 30

QIAN, J. Atomos para la paz: Difusión de los beneficios de las tecnologías nucleares, No.1, pág. 21

RAMES, J. El derecho internacional y la energía nuclear: Panorama del marco jurídico, No. 3, pág. 16

RAO, K.V. Energía nucleoeléctrica: Capacitación para lograr seguridad y fiabilidad, No.2, pág. 18

ROGOV, A. Atomos para la paz: Difusión de los beneficios de las tecnologías nucleares, No.1, pág. 21

ROMAN-MOREY, E. Tratado de Tlatelolco de la América Latina: Instrumento para la paz y el desarrollo, No.1, pág. 33

ROSEN, M. Punto de vista: Comprensión de los riesgos radiológicos: Enseñanzas de París, No. 2, pág. 12

SHARMA, S. El OIEA y el sistema de las Naciones Unidas: Redes para la cooperación nuclear, No. 3, pág. 10

SJOEBLOM, K.L. Proyecto internacional de evaluación de mares árticos: Informe sobre la marcha de las actividades, No. 2, pág. 25

SNIHS, J.O. Evacuación de desechos radiactivos: Principios y normas radiológicos, No.4, pág. 30

SOROKIN, A. El INIS a los 25 años: Pionero de la autopista de la información nuclear, No.3, pág. 39

THORSTENSEN, S. Salvaguardias en la Unión Europea: Nuevo enfoque de cooperación, No. 1, pág. 25

Contabilidad y control de materiales nucleares: Coordinación de la asistencia a los Estados recientemente independizados, No. 1, pág. 29

VAN DE VATE, J. La energía nuclear y el debate sobre el medio ambiente: El contexto de las opciones, No. 4, pág. 2

WARNECKE, E. Gestión de desechos radiactivos: Exámenes internacionales por homólogos, No. 4, pág. 26

WEDEKIND, L. El OIEA en línea: Vínculos más estrechos para la comunidad nuclear mundial, No. 3, pág. 44

NEW Software **NEWS RELEASE** **FREE 4-Color Brochure**

"Put Down that 6-Pound Book!" Instead...

Use NUCLIDE NAVIGATOR, the *first* ON-LINE Reference for Gamma-Ray Data

For the first time ever, application-specific gamma-ray libraries may be assembled in seconds, replacing hours of searching through heavy reference books!

NuclideNavigator™, from EG&G ORTEC is **the** indispensable tool for the gamma-ray spectroscopist. NuclideNavigator contains an instant-access, **on-line** Nuclide Database Manager and the complete Erdtmann and Soyka[1] nuclide database. The user may scroll through the Segré chart in any direction, or jump instantly to a specific nuclide by entering its chemical symbol.

Multiple database search constraints, based on sample origin (e.g., thermal neutron activation, fission product, or naturally-occurring isotope), may be employed for speedy and accurate gamma ray identification.

For "difficult" analyses Nuclide Navigator allows instant scrutiny of possible identification candidates in a given energy range. Input and output data may be written in Microsoft® Access® format.

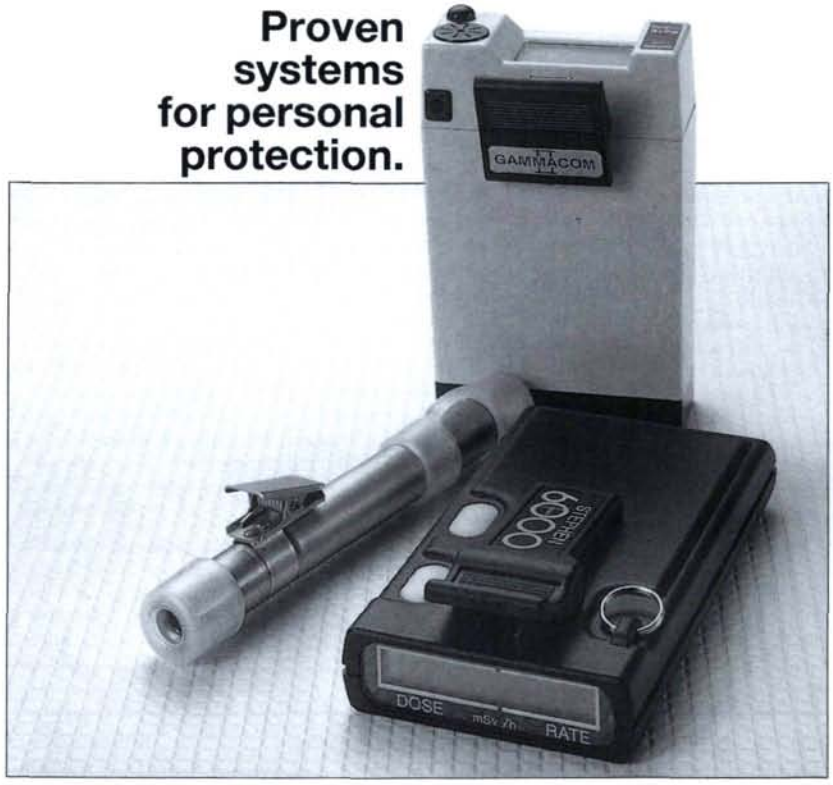
Request the **FREE** 4-color brochure from EG&G ORTEC, 800-251-9750; FAX 615-483-0396; INTERNET: 709-6992 @ MCIMAIL.COM.

P.S. NuclideNavigator is totally compatible with any gamma analysis software you currently use!

---

[1]G. Erdtmann and W. Soyka, "The Gamma-Rays of the Radionuclides," Verlag Chemie, ISBN 3-527-25816-7, Weinheim, FRG.
®Microsoft and Access are registered trademarks of Microsoft Corporation.

Proven systems for personal protection.



R.A. Stephen is a member company of the Nuclear Safety Products Group of Morgan Crucible Company plc and is a specialist in personal dosemeters and protection systems.

The Stephen 6000, a recent advance in radiation protection technology which comprises a compact electronic dosemeter with a range of sophisticated features.

The Stephen Quartz Fibre Detector, a simple and reliable pen-size personal dosemeter which requires no battery and gives immediate scale reading of radiation.

The Gammacon 4200, a range of manual and automatic digital alarming dosemeters which meets a wide range of radiological protection requirements.

Please write for literature and further information.

R.A. Stephen, 15 Burnham Business Park, Springfield Road, Burnham-on-Crouch, Essex CM0 8TE. England.
Tel: 01621 783282. Fax: 01621 783132.

R.A. STEPHEN
DOSIMETRY

The range is in use throughout the world in a wide variety of nuclear, industrial and medical applications.

Morgan

R.A. Stephen is a business name of Mini Instruments Limited.

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) 2060
Télex (1)-12645
Facsímil +43 1 20607
Correo electrónico
vía BITNET/INTERNET a ID:
NES@ IAEA1.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 sincronización 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) 2060
Télex (1)-12645
Facsímil +43 1 20607
Correo electrónico
vía BITNET/INTERNET a ID:
FAS@IAEA1.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

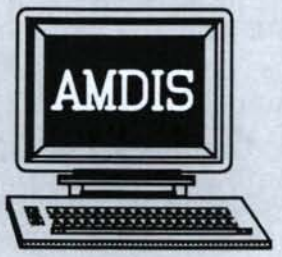
Productor
Organismo Internacional
de Energía Atómica en cooperación
con el Centro Nacional de Datos Nucleares
de los Estados Unidos del Laboratorio
Nacional de Brookhaven, el Banco de
Datos Nucleares de la Agencia para
la Energía Nuclear, Organización de
Cooperación y Desarrollo Económicos
en París (Francia) 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) 2060
Télex (1)-12645
Facsímil +43 1 20607
Correo electrónico
vía BITNET/INTERNET a ID:
RNDS@IAEA1.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@RIPCRSO1.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, sírvase establecer contacto con los productores.
Las informaciones de estas bases de datos también pueden adquirirse en forma impresa dirigiéndose al productor.
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 91 Estados Miembros del OIEA y otras 17 organizaciones internacionales miembros

Contacto con el OIEA
OIEA, Sección del INIS
P.O. Box 100, A-1400 Viena (Austria)
Teléfono (+431) 2060 22842
Facsímil (+431) 20607 22842
Correo electrónico vía BITNET/INTERNET a ID: ATIEH@NEPO1.IAEA.OR.AT

Cantidad de registros en línea desde enero de 1976 hasta la fecha
más de 1 600 millones

Ambito
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 concecuencias 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

MORE THAN 1.6 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.

CD-ROM means

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

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

SilverPlatter INFORMATION ®

Intercomparación para la vigilancia individual de la exposición externa a la radiación fotónica
Promover la aplicación de las cantidades operacionales para la vigilancia individual de la exposición externa a la radiación fotónica.

Validación de métodos de selección por cromatografía de capa fina para el análisis de residuos de plaguicidas
Validar procedimientos de costo relativamente bajo basados en la cromatografía de capa fina que puedan utilizarse para seleccionar muestras ambientales y de alimentos a fin de determinar los residuos de plaguicidas y definir las que deben analizarse mediante técnicas nucleares y conexas más complejas.

Recursos especializados de soporte lógico para espectrometría gamma
Desarrollar y poner a disposición de los Estados Miembros algoritmos, rutinas, programas y bibliotecas modernos que traten temas actuales relacionados con el análisis de espectros gamma. Estos algoritmos mejorarán los análisis en esferas tales como los sistemas expertos, la producción de espectros, las bibliotecas de datos, la calibración para determinar la eficiencia de los detectores, la garantía de calidad, el control de calidad, las fuentes de actividad alta y las correcciones de la coincidencia.

Determinación de dosis con cámaras de ionización de planos paralelos en haces de fotones y electrones para uso terapéutico.
Investigar la exactitud de los datos y procedimientos incluidos en el nuevo código de práctica. Además, se cuantificarán las diferencias con las recomendaciones existentes para analizar las posibles repercusiones en dosimetría de pacientes.

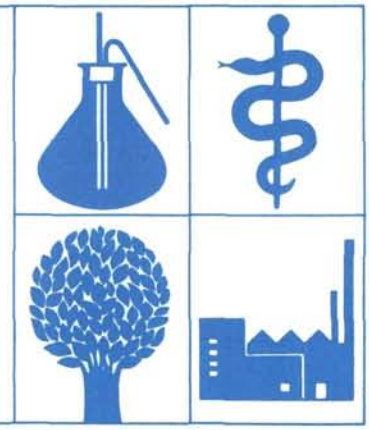
Acopio y evaluación de datos fotonucleares para aplicaciones
Crear un archivo de datos de secciones transversales de reacciones fotonucleares evaluadas. La lista de núcleos debería incluir isótopos y elementos naturales de importancia en materiales biológicos, estructurales y de blindaje, así como actínidos, productos de fisión y algunos otros.

Medios de asegurar la integridad estructural de las vasijas de presión de reactores
Facilitar el intercambio internacional de información, proporcionar orientación práctica en materia de vigilancia de vasijas de presión de reactores, y elaborar y determinar un procedimiento uniforme de prueba de especímenes para evaluar la integridad estructural de las vasijas de presión de reactores.

Desarrollo de la base radiológica para los requisitos de seguridad del transporte de materiales de baja actividad específica y objetos contaminados en la superficie
Prestar asistencia al Organismo para establecer requisitos de seguridad para el transporte. Este PCI proporcionará una base para clasificar materiales radiactivos de actividad baja (tales como desechos de actividad baja) y para preparar modelos de emisiones posibles en caso de accidentes de transporte.

Desarrollo de metodologías para optimizar las pruebas de vigilancia y el mantenimiento de equipos relacionados con la seguridad en centrales nucleares
Facilitar el intercambio de experiencias sobre investigación y análisis de diferentes estrategias para mejorar y optimizar el mantenimiento y las pruebas de vigilancia, centrándose en la seguridad de las centrales nucleares, y fomentar el intercambio de metodologías y técnicas para llevar a cabo dichos procesos de optimización.

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 nucleoeléctrica y la seguridad nuclear.



ABRIL DE 1997
Simposio sobre diagnóstico y control de las enfermedades del ganado utilizando técnicas nucleares y conexas
Viena (Autria) (7 a 11 de abril)

Simposio internacional sobre aplicaciones de técnicas isotópicas en el estudio de los cambios ambientales ocurridos en el presente y el pasado en la hidrosfera y la atmósfera
Viena (Austria) (14 a 18 de abril*)
* Fecha provisional

Seminario sobre el estado actual de la radioterapia en el mundo
Nueva York (Estados Unidos)
(17 a 19 de abril)

MAYO DE 1997
Seminario sobre técnicas nucleares para optimizar el uso de nutrientes y agua a fin de elevar al máximo la productividad de las plantas y la preservación del medio ambiente
Piracicaba (Brasil)
(12 a 16 de mayo)

Simposio sobre desalación de agua de mar mediante la energía nuclear
Taejon (República de Corea)
(26 a 30 de mayo)

JUNIO DE 1997
Simposio sobre estrategias relacionadas con el ciclo del combustible nuclear y los reactores — adaptación a las nuevas realidades
Viena (Austria) (2 a 6 de junio)

SEPTIEMBRE DE 1997
Simposio sobre el empleo de tecnologías en la conservación del medio ambiente.
Pendiente el anuncio del lugar de la reunión (15 a 19 de septiembre).

OCTUBRE DE 1997
Simposio sobre salvaguardias internacionales.
Viena **(Austria)** (13 a 17 de octubre).

BOLETIN DEL OIEA

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) 2060–21270
Facsímil (43-1) 20607
Correo electrónico
iaeo@iaea1.iaea.or.at

DIRECTOR GENERAL: Dr. Hans Blix
DIRECTORES GENERALES ADJUNTOS: Sr. David Waller, Sr. Bruno Pellaud, Sr. Victor Mourogov, Sr. Sueo Machi, Sr. Jihui Qian, Sr. Morris Rosen (interino)
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, Sra. U. Szer, Sr. W. Kreutzer, Sr. G. Demal, Sr. A. Adler, Sr. R. Luttenfeldner, Sr. F. Prochaska, Sr. P. Patak, Sr. L. Nimetzki

Ediciones en diversos idiomas
APOYO PARA LA TRADUCCION: Sr. J. Rivals
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 Energía Nuclear de China, Beijing, traducción, impresión, distribución.

El Boletín del OIEA se distribuye gratuitamente 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 artículos firmados o en los anuncios de este Boletín no representan necesariamente las del Organismo Internacional de Energía Atómica, que declina toda responsabilidad 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).

ESTADOS MIEMBROS DEL OIEA

1957
Afganistán
Albania
Alemania
Argentina
Australia
Austria
Belarús
Brasil
Bulgaria
Canadá
Cuba
Dinamarca
Egipto
El Salvador
España
Estados Unidos de América
Etiopía
Federación Rusa
Francia
Grecia
Guatemala
Haití
Hungría
India
Indonesia
Islandia
Israel
Italia
Japón
Marruecos
Mónaco
Myanmar
Noruega
Nueva Zelandia
Países Bajos
Pakistán
Paraguay
Perú
Polonia
Portugal
Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte
República de Corea
República Dominicana
Rumania
Santa Sede
Sri Lanka
Sudáfrica
Suecia
Suiza
Tailandia
Túnez
Turquía
Ucrania
Venezuela
Viet Nam
Yugoslavia

1958
Bélgica
Camboya
Ecuador
Filipinas
Finlandia
Irán, República Islámica del
Luxemburgo
México
Sudán

1959
Iraq

1960
Colombia
Chile
Ghana
Senegal

1961
Líbano
Malí
Zaire

1962
Liberia
Arabia Saudita

1963
Argelia
Bolivia
Côte d'Ivoire
Jamahiriya Arabe Libia
República Arabe Siria
Uruguay

1964
Camerún
Gabón
Kuwait
Nigeria

1965
Costa Rica
Chipre
Jamaica
Kenya
Madagascar

1966
Jordania
Panamá

1967
Sierra Leona
Singapur
Uganda

1968
Liechtenstein

1969
Malasia
Níger
Zambia

1970
Irlanda

1972
Bangladesh

1973
Mongolia

1974
Mauricio

1976
Emiratos Arabes Unidos
Qatar
República Unida de Tanzanía

1977
Nicaragua

1983
Namibia

1984
China

1986
Zimbabwe

1991
Letonia
Lituania

1992
Croacia
Eslovenia
Estonia

1993
Armenia
República Checa
República Eslovaca

1994
Ex República Yugoslava de Macedonia
Islas Marshall
Kazajstán
Uzbekistán
Yemen

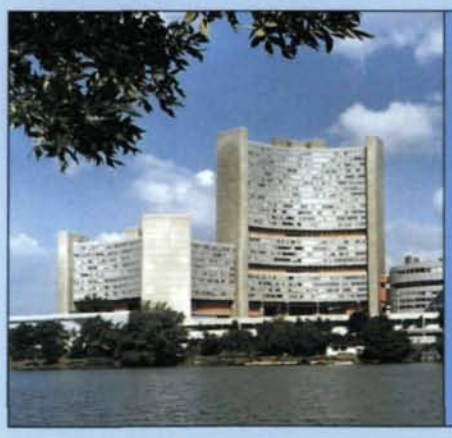
1995
Bosnia y Herzegovina

1996
Georgia

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 mancomunan 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 preste, 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.

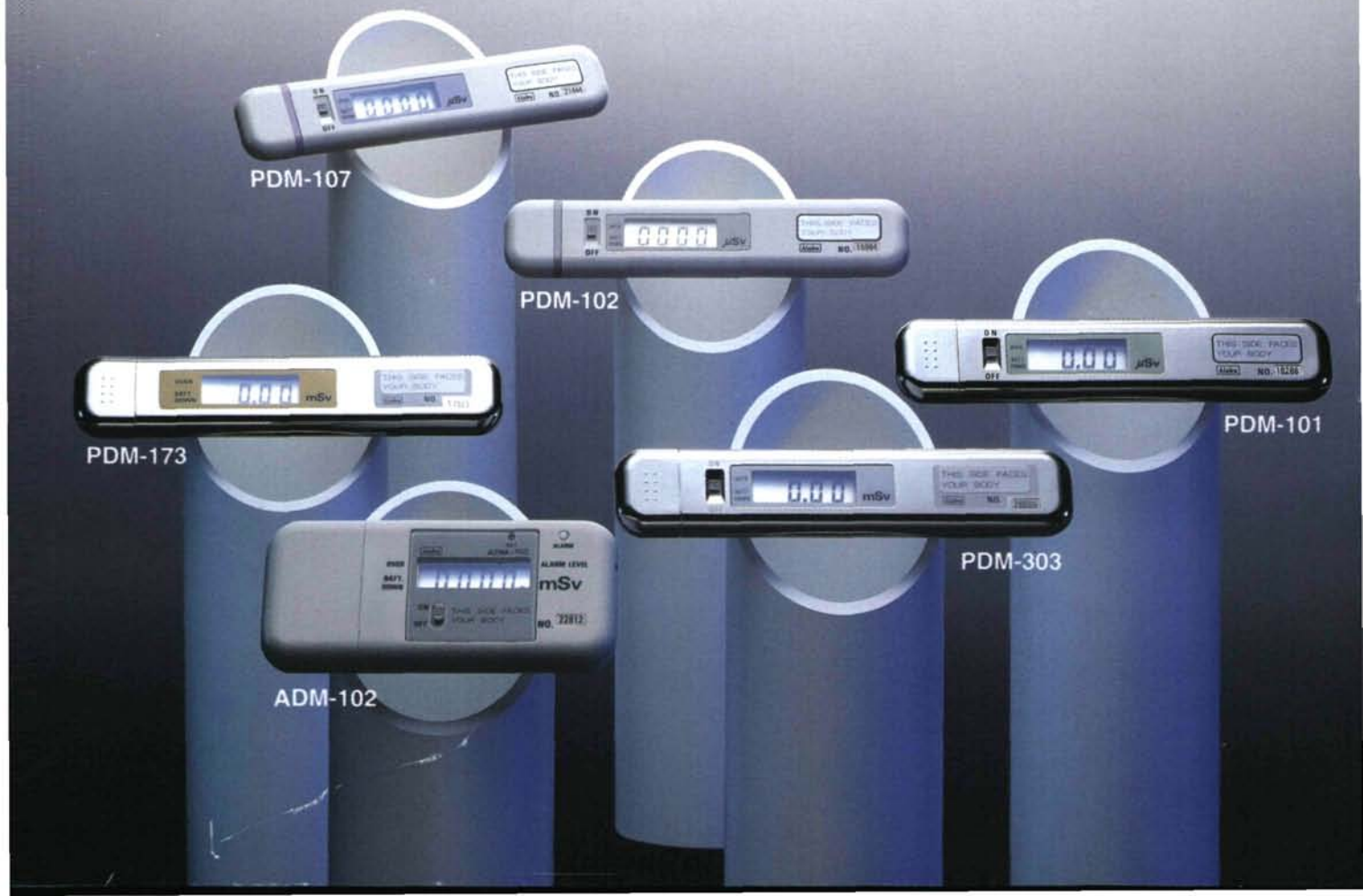
But the big news is how very small and lightweight they've become. Able to fit into any pocket and weighing just 50~90 grams, the Aloka EPDs can go anywhere you go. Which may prove to be quite a sizable improvement, indeed.

Model	Energy	Range	Application
PDM-101	60 keV ~	0.01 ~ 99.99 μSv	High sensitivity, photon
PDM-102	40 keV ~	1 ~ 9,999 μSv	General use, photon
PDM-173	40 keV ~	0.01 ~ 99.99 mSv	General use, photon
PDM-107	20 keV ~	1 ~ 9,999 μSv	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

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

Safety, convenience and a variety of styles to choose from.