

# ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE

## LOS ESFUERZOS POR UN DESARROLLO MÁS SOSTENIBLE

**D**urante los últimos diez años, los esfuerzos del mundo por alcanzar un desarrollo más seguro y más limpio contribuyeron a superar algunos obstáculos importantes, sólo para que surgieran nuevos retos. Se escucha con más insistencia que nunca una pregunta crucial: ¿con cuál combustible y tecnología decidirán los gobiernos proseguir sus esfuerzos en el próximo siglo?

La resonancia de esa pregunta nos llega desde algunos sucesos ocurridos hace veinticinco años. Entonces, la conferencia internacional sobre el medio humano celebrada en Estocolmo extrajo de los laboratorios científicos muchos problemas ecológicos, y la primera crisis petrolera afectó y ensombreció las perspectivas del desarrollo energético. En los años noventa, los diversos y complejos desafíos parecieron fusionarse en el escenario de las conferencias mundiales: aumento de la demanda de electricidad en Helsinki en 1991; graves amenazas ambientales en Río de Janeiro, en la Cumbre para la Tierra de 1992; tasas mundiales de crecimiento demográfico en el Cairo en 1994; los problemas de las megalópolis superpobladas en Estambul, y el hambre en Roma en 1996; y otro examen de la Cumbre para la Tierra en Nueva York en 1997. A principios de diciembre del año en curso, se analizará en Kyoto el complejo tema del calentamiento de la atmósfera. Los gobiernos desean lograr un tratado mundial sobre cambio climático y se reunirán para analizar sus disposiciones.

Sobre todo esto influyeron los impresionantes cambios políticos operados en Europa después de la

desintegración de la Unión Soviética. Estos cambios introdujeron nuevas ideas para abordar los problemas energéticos, medioambientales y de seguridad en los países del antiguo bloque soviético.

El mensaje fundamental en todos estos frentes es que se han realizado algunos importantes progresos, pero aún no son suficientes para celebrar. En el contexto político, ambiental y económico será difícil, lento y costoso garantizar el desarrollo sostenible.

En el OIEA, las demandas de largo alcance sirvieron de telón de fondo para sentar una base técnica y jurídica más sólida a fin de apoyar el desarrollo seguro, limpio y competitivo de la energía nuclear en los países que utilizan o piensan utilizar esa opción. Además, los países se propusieron demostrar más claramente cómo todas las diversas tecnologías nucleares pueden contribuir a resolver problemas energéticos y ambientales específicos. Entre los principales objetivos propuestos en relación con la nueva base están:

- Un régimen de seguridad mundial fortalecido y más integrado en esferas clave de la energía nucleoelectrica, aplicaciones de las radiaciones y gestión de desechos radiactivos. Abarca nuevos acuerdos jurídicos y servicios de seguridad reforzados. (Véase el recuadro de la página 31.)

- Apoyo técnico más especializado a los países, con vistas a lograr un mejor rendimiento de las centrales nucleares, perfeccionar o desmantelar las centrales más antiguas, desarrollar tipos avanzados de reactores de potencia, emprender la gestión de la acumulación creciente de combustible nuclear

gastado y comparar las opciones de energía y electricidad generales en condiciones particulares.

- Asistencia técnica y proyectos de investigación cuyo objetivo es ayudar a más países a establecer y modernizar su infraestructura de reglamentación para el uso seguro de las tecnologías nuclear y de las radiaciones, y mejorar la capacidad de gestión de desechos en todos los frentes.

- Apoyo científico a las evaluaciones vinculadas con los desechos radiactivos "históricos" de prácticas nucleares anteriores, y a las aplicaciones adaptadas al cliente de las técnicas basadas en la energía nuclear a las investigaciones del cambio climático, la contaminación ambiental y los peligros ecológicos en el medio marino.

(Véase el recuadro de la página 37.)

**Y**a avanzado el decenio en 1986, veintiséis países se aprestaban a marcar un hito en la experiencia de la energía nucleoelectrica: sus 397 centrales eléctricas de conjunto se aproximaron a los cuatro mil años de explotación comercial. El accidente de Chernobyl en abril lo cambió todo y trajo tiempos difíciles para el OIEA. A cinco meses del accidente, los Estados que trabajaban en el Organismo bajo la mirada atenta del mundo anunciaron sus primeras respuestas: negociaron y aprobaron dos nuevos acuerdos jurídicos mun-

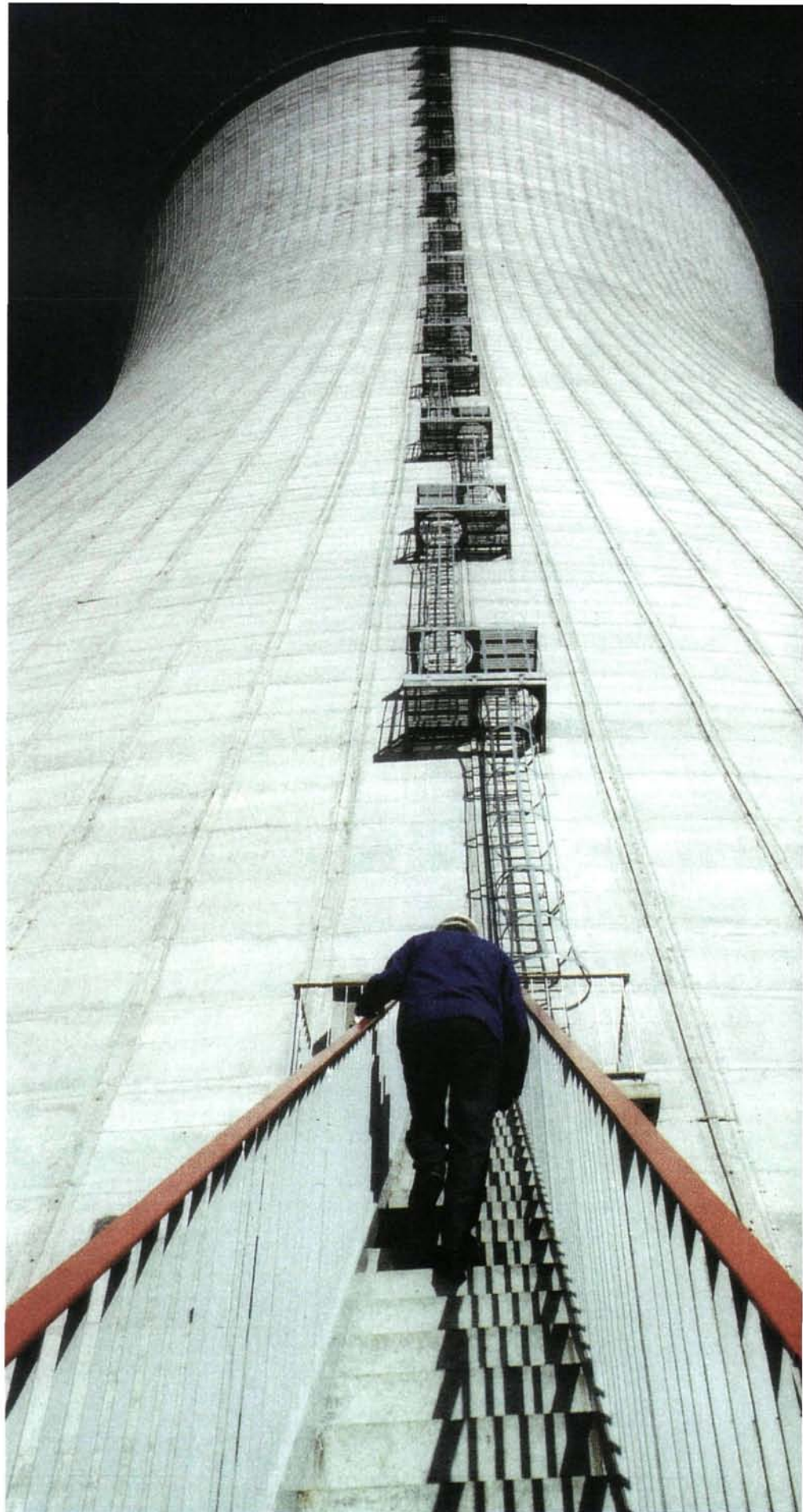
*Foto: Ascenso a la cima de la central Bugey, en Francia, país donde la mayoría de las viviendas, empresas e industrias dependen de la electricidad que generan las centrales nucleares. (Cortesía: Setboun/Rapho Agence de Press Photographique)*

# AMBIENTE SEGURO Y LIMPIO

diales sobre seguridad nuclear, presentaron el primer informe autorizado del accidente y pusieron en marcha planes para ampliar los servicios y la asistencia en materia de seguridad.

En el decenio se reforzó el régimen de seguridad jurídica y técnica, y aún hoy se analizan nuevos elementos. En un esfuerzo igualmente importante, científicos de las esferas social, sanitaria, alimentaria, ecológica y nuclear se unieron para esclarecer las consecuencias reales y potenciales del accidente de Chernobil. (*Véase la página 24.*)

En cuanto al desarrollo de la energía nucleoelectrica, el efecto técnico del accidente —esencialmente para un pequeño grupo de centrales de diseño soviético en explotación en sólo unos pocos países— se extendió, al igual que su precipitación radiactiva, mucho más allá de las fronteras nacionales. Las enseñanzas adquiridas subrayaron la necesidad imperiosa de garantizar una “cultura de la seguridad” en toda la industria. Las medidas encaminadas a reforzar la red de seguridad recibieron rápidamente un impulso por motivos comerciales y ambientales, así como las destinadas a contribuir a recuperar el apoyo público que se había perdido en muchos países. Algunas industrias y gobiernos procuraron eliminar paulatinamente sus programas nucleoelectricos, mientras otros suspendieron o aplazaron trabajos de construcción y proyectos previstos. Oficialmente, la mayoría de los gobiernos adoptó un criterio más previsor y condicionado y se mantuvo a favor de la expansión segura de la energía





## HASTA QUE PUNTO ES GRAVE

**T**anto la evaluación de la gravedad de las amenazas del calentamiento de la atmósfera como de las respuestas actuales y potenciales han constituido un reto para los científicos durante años. A mediados del decenio de 1990, se había logrado un consenso científico internacional: los 2500 especialistas que participaron en los estudios del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos (IPCC) emitieron un informe medido pero directo: si las tecnologías energéticas permanecen invariables y la demanda aumenta de manera considerable, las temperaturas medias podrían aumentar entre 1 y 3,5 grados centígrados durante el próximo siglo. Ello pudiera ocasionar una elevación del nivel del mar de cincuenta centímetros, con la consiguiente inundación de las tierras bajas costeras y las islas tropicales, el incremento de los extremos meteorológicos y el daño a los bosques y tierras de cultivo. El punto de vista del IPCC se ha

puesto en tela de juicio, pero no ha cambiado.

El tema es complejo y las proyecciones tienen muchas incertidumbres. Para comprender más ampliamente y cuantificar los cambios en la situación climática, los científicos necesitan numerosos datos e instrumentos y modelos analíticos eficaces, entre los cuales están las técnicas isotópicas. Mediante ellas, los científicos examinan la evolución histórica tomando mediciones de muestras de hielo, las aguas subterráneas antiguas, los depósitos y sedimentos de los lagos, y calculan el impacto de las actividades humanas a partir de los resultados. Esta información sustenta los pronósticos de los efectos potenciales sobre los ecosistemas forestales, la desertificación y los recursos hídricos, así como también posibles inundaciones y sequías. Los métodos isotópicos también han resultado esenciales en la determinación exacta del balance atmosférico de los gases de efecto de invernadero, especialmente sus fuentes y sumideros, para

posibilitar la predicción e identificación de los efectos del cambio climático.

Los estudios a largo plazo también están siguiendo el desplazamiento y descenso del carbono en océanos, mares y lagos. Durante los últimos diez años, los científicos del OIEA intensificaron en sus laboratorios en Mónaco las investigaciones sobre el desplazamiento del carbono desde su fuente hasta las profundidades del océano. Este trabajo combina los estudios isotópicos con la recolección y análisis de partículas marinas descendentes.

En apoyo a la investigación, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) con sede en Ginebra, y el OIEA dirigen una red mundial para el seguimiento y análisis de los isótopos principales en precipitación. A mediados de los años noventa, la red contenía información procedente de más de 450 lugares en todo el mundo.

**E**n otros programas apoyados por el OIEA participan especialistas en evaluaciones conjuntas de las respuestas a la amenaza del calentamiento de la

nuclear o de medidas para mantener abierta esa opción.

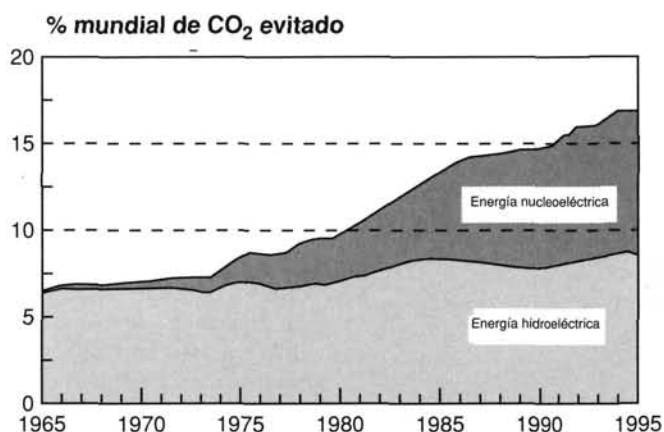
**A** mediados del decenio de 1990, el futuro de la energía nucleoelectrica parecía más sombrío. Sin embargo, aún había luz; en gran medida gracias a la energía nuclear. Según informes enviados a la base de datos del Organismo, desde 1986 han entrado en funcionamiento unas cinco nuevas centrales nucleares por año, para un total de cuarenta y siete. La participación de la energía nucleoelectrica en la producción total de electricidad en el mundo se mantuvo estable y aumentó sólo ligeramente en los años noventa para alcanzar un diecisiete por ciento en 1997. En la actualidad, son más que nunca los

países que generan una cuarta parte o más de su electricidad total a partir de la energía nucleoelectrica: diecisiete Estados en 1996, siete más que hace diez años (entre ellos, los Estados recientemente independizados). En 1997 estaban en funcionamiento más de 440 centrales nucleares en 31 países, que en conjunto produjeron alrededor de un cincuenta por ciento de electricidad más que la generada por la Unión Soviética a partir de todas las fuentes hace diez años.

**S**egún los pronosticadores, el cuadro general de la energía parecía desalentador con el decursar de los años. Para 1997, los pronósticos indicaban que la demanda de energía mundial aumentaría rápidamente

en el próximo siglo. Los analistas plantearon que el incremento sería más vertiginoso en los países en desarrollo para mantenerse al ritmo del aumento de la población y del crecimiento económico. Según el Consejo Mundial de la Energía, a más largo plazo, la demanda de energía pudiera aumentar entre un cincuenta y un setenta y cinco por ciento en los próximos veinticinco años. Cualquier tasa de crecimiento estará estrechamente vinculada con el quemado de combustibles fósiles que en 1997 continuaban suministrando casi el ochenta y cinco por ciento de toda la energía comercial utilizada. Cuando se queman para generar electricidad, los combustibles fósiles también liberan a la atmósfera dióxido de carbono y

## EMISIONES DE CO<sub>2</sub> QUE EVITARON LAS ENERGÍAS NUCLEOELÉCTRICA E HIDROELÉCTRICA



atmósfera, quienes a menudo cuentan con instrumentos computadorizados adaptados al cliente para sus análisis. En el decenio de 1990 comenzó un proyecto de varios organismos llamado Decades destinado a apoyar las evaluaciones comparativas de las opciones energéticas, en concreto para la generación de electricidad. Los resultados de los estudios comparativos que se informaron durante el decenio pasado muestran emisiones de dióxido

de carbono mucho más bajas en los países donde se usan ampliamente las energías nucleoelectrica e hidroeléctrica que en los países que queman grandes cantidades de carbón para producir electricidad. En general, la energía nucleoelectrica genera alrededor del diecisiete por ciento de la electricidad mundial. Esa producción ha ayudado a los países a evitar una buena parte de las emisiones de dióxido de carbono, un ocho por ciento del total

mundial en 1995, porcentaje casi igual al que la energía hidroeléctrica contribuyó a evitar.

Además de la nuclear, los proyectos del OIEA ayudan a desarrollar otras fuentes energéticas "limpias" como la energía geotérmica. En países como El Salvador y Filipinas, los proyectos patrocinados por el Organismo han contribuido a evaluar y seguir desarrollando los recursos geotérmicos. Las técnicas analíticas nucleares ayudaron a evaluar de manera fiable la temperatura y los flujos líquidos en las profundidades de los viejos volcanes de El Salvador y a identificar nuevas esferas de desarrollo posibles. Estos datos pueden contribuir al ahorro de millones de dólares en costos de perforación, además de propiciarlo en otros sentidos. Ya se prevé que la producción de energía geotérmica en El Salvador reduzca los gastos de importación de petróleo en 9 millones de dólares aproximadamente.

—Basado en informes presentados por Klaus Froehlich, la Sra. Lucille Langlois, la Sra. Jane Gerardo-Abaya, Florin Vladu, David Kinley y Murdoch Baxter.

otros gases de efecto de invernadero. Menos del quince por ciento de la energía total procede de la energía hidroeléctrica y la energía nuclear, que no generan carbono y son las dos opciones principales. En estos momentos, sólo el uno por ciento aproximadamente de toda la energía utilizada proviene de la energía solar y otras fuentes renovables. A medida que los problemas ambientales y, sobre todo, el calentamiento de la atmósfera exigen mayor vigilancia, más personas se preguntan qué nos depara el futuro y qué podemos hacer hoy. (Véase el recuadro supra.)

Los cambios económicos y políticos también influyeron en las direcciones y el pensamiento del mercado energético de los últimos diez años. Los estudios todavía reflejan que el

consumo de electricidad y el desarrollo económico van de la mano, aunque la conservación y otras medidas encaminadas a la eficiencia han logrado mantener bajas las tasas generales de crecimiento energético.

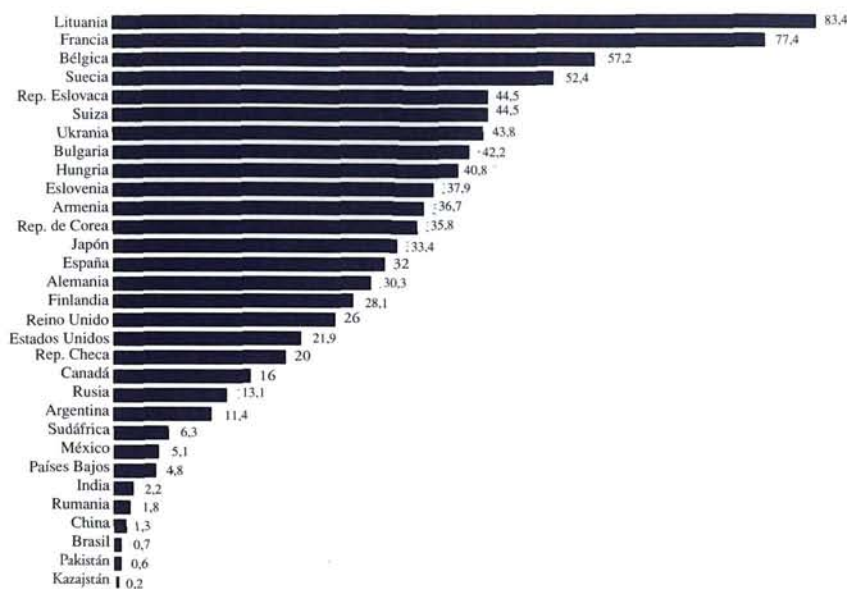
A medida que avanzó el decenio, se materializaron otros cambios que afectaron las tendencias energéticas, incluidas las de la energía nucleoelectrica. En algunos países industrializados, las opciones de generación de "mínimo costo" adquirieron mayor importancia en los mercados de la electricidad cada vez más liberalizados. Ello provocó mayores presiones políticas y económicas sobre el rendimiento de las centrales nucleares. En otros países, enfrentados a situaciones más precarias, el principal desafío de la industria nuclear fue preservar el personal

con los conocimientos especializados y la experiencia operacional necesarios. En los países con incipientes economías de mercado, los recursos financieros constituyeron un problema: el financiamiento de los salarios mensuales del personal altamente capacitado de las centrales nucleares hizo que las preocupaciones de la energía y la seguridad trascendieran las fronteras nacionales.

Las industrias nucleares de todo el mundo se aproximaban a otro acontecimiento importante a mediados de los años noventa: en conjunto, sus centrales sumaron casi ocho mil años de experiencia operacional nuclear.

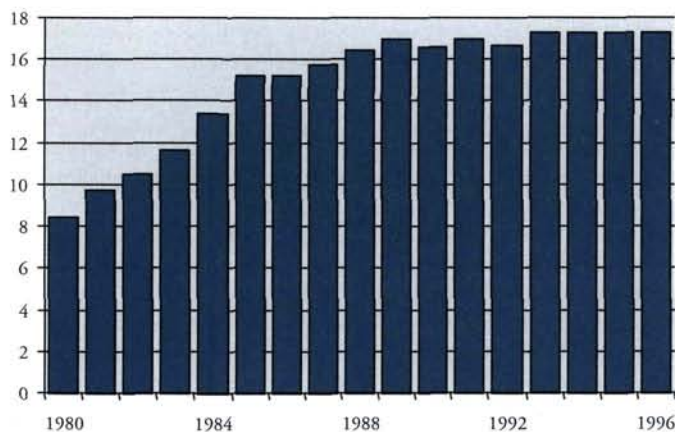
En los países en desarrollo, las tendencias del desarrollo nuclear mantuvieron su diversidad. Algunos Estados, como los de Asia,

### PROPORCIÓN DE LA ENERGÍA NUCLEOELECTRICA EN LA GENERACION DE ELECTRICIDAD, porcentajes hasta enero de 1997



### CRECIMIENTO NUCLEOELECTRICO

1980-1996, porcentaje de la generación total de electricidad



inviertieron cuantiosos recursos en centrales nucleares para librarse de la dependencia y los costos de los suministros del exterior, principalmente de petróleo, o de una marcada subordinación al carbón. El consumo de electricidad medio de China aumentó en un diez por ciento anual durante el decenio pasado, y los planes requieren de

dieciséis grandes centrales de carbón y de combustible nuclear para ayudar a satisfacer la demanda hasta el próximo siglo.

A principios del decenio, en 1986, el Banco Mundial calculó, en una reunión del OIEA, que en 1995 se necesitaría una inversión en energía eléctrica valorada entonces en 522 000 millones de

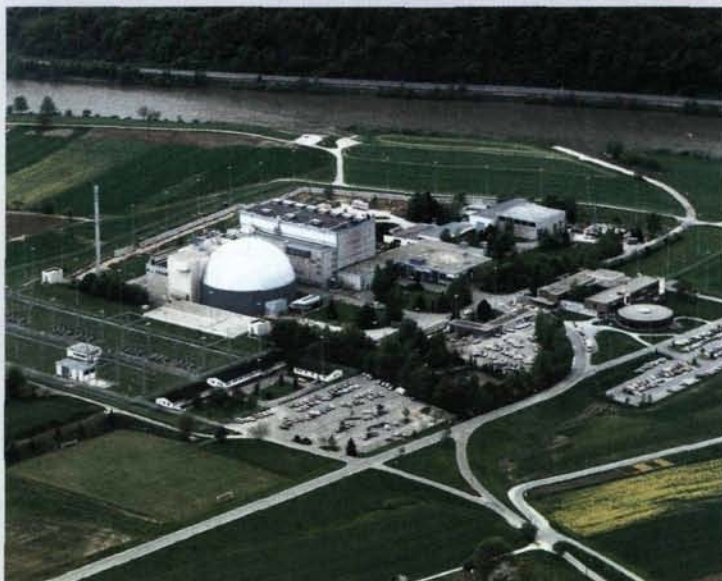
dólares (sin incluir los intereses) para hacer frente al previsto aumento de la demanda de electricidad en los países en desarrollo. Esa cantidad representaba aproximadamente el sesenta por ciento de todos los fondos invertidos en sistemas de armamentos en sólo un año del decenio pasado. Aún hoy persiste la falta de capacidad generadora en los países en desarrollo, y el financiamiento de cualquier proyecto energético, en particular los proyectos nucleares de gran densidad de capital, continúa siendo una meta imposible. Aproximadamente siete de cada diez hogares del mundo en desarrollo carecen de electricidad.

A lo largo del decenio de 1990, el Banco Mundial, el OIEA y otras organizaciones afrontaron el problema del financiamiento. Proyectos y programas especiales ayudaron a determinados países a identificar y evaluar diferentes tipos de acuerdos de financiamiento. Surgieron enfoques viables que se aplicaron en varios países.

Otros especialistas señalaron una desventaja adicional para muchos países en desarrollo: el gran tamaño de las centrales nucleares comerciales típicas en comparación con la capacidad de las redes nacionales. Volvieron a examinar la necesidad de contar con unidades generadoras más pequeñas y el mercado para ellas. Rusia, Argentina y otros países en desarrollo surgieron como posibles proveedores de reactores nucleares de potencia más pequeños. Se estudió la posibilidad de hacer un mayor uso de esas unidades más pequeñas, aunque fundamentalmente en aplicaciones no energéticas como el suministro de calor para satisfacer las necesidades de viviendas e industrias o de las instalaciones de desalación. (Véase el recuadro de la página 20.)

En general, desde el punto de vista económico, los estudios arrojaron que la energía nucleoelectrónica mantiene su posición frente a la competencia de otros combustibles. Los análisis realizados en aso-

# LA SEGURIDAD PRIMERO



**E**n los últimos diez años, se realizaron importantes progresos, que fortalecen el marco jurídico mundial de la seguridad nuclear y radiológica y se vislumbran otros. Bajo los auspicios del Organismo, los Estados concertaron nuevos acuerdos internacionales cuya fuerza legal los obliga a alcanzar y mantener altos niveles de seguridad. Durante el decenio pasado, las autoridades nacionales también se valieron cada vez más de las normas de seguridad consultivas emitidas como resultado de la labor de larga data del Organismo, o las incorporaron por completo a sus reglamentaciones. En el decenio de 1990, se volvieron a revisar o estructurar algunas de estas normas.

Los retos futuros para los Estados apoyados por el OIEA consistirán en aplicar eficazmente los acuerdos jurídicos y garantizar un mayor cumplimiento de las normas de seguridad establecidas. Dichas normas están diseñadas para ayudar a los países a evitar las pérdidas ocasionadas por accidentes graves. El pasado decenio, en instalaciones industriales de tratamiento por irra-

diación ocurrieron varios accidentes graves que afectaron a trabajadores, los cuales pudieron haberse evitado. En otros dos informes, especialistas del OIEA analizaron los accidentes graves más recientes, y señalaron a la atención las lecciones específicas que se deben aprender de éstos.

El marco jurídico fortalecido comprende:

● **La Convención sobre Seguridad Nuclear.** En 1996, los Estados adoptaron este importante acuerdo que los compromete a alcanzar y mantener altos niveles de seguridad y los obliga a cumplir patrones internacionales en esferas clave de reglamentación, gestión y explotación de centrales nucleares emplazadas en tierra. Una característica fundamental es el proceso de examen por homólogos de los informes nacionales sobre las medidas adoptadas por los Estados para cumplir con sus obligaciones. La primera reunión de examen se ha fijado para abril de 1999. Hasta agosto de 1997, cuarenta países eran partes en la Convención, incluidos casi todos los Estados con programas nucleoelectricos. Sesenta y cinco países la han firmado.

● **La Convención mixta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos.** Este acuerdo, negociado por los Estados en reuniones celebradas en el OIEA en los dos últimos años, fue adoptado en septiembre de 1997 en una Conferencia Diplomática que tuvo lugar en Viena. Dicho acuerdo abarca las aplicaciones en el sector civil y obliga a las partes a tomar medidas adecuadas para garantizar una gestión segura y ecológicamente racional de los desechos radiactivos y el combustible gastado, así como evitar accidentes con consecuencias radiológicas. Comprende, además, exámenes por homólogos de los informes nacionales presentados en las reuniones periódicas.

● **El Protocolo de enmienda de la Convención de Viena sobre Responsabilidad Civil por Daños Nucleares de 1963, y la Convención sobre financiamiento suplementario.** En el decenio de 1990 los Estados han negociado estos dos instrumentos en el OIEA, los cuales modifican el régimen internacional de responsabilidad nuclear. Ambos instrumentos fueron adoptados por los Estados reunidos en una nueva Conferencia Diplomática que tuvo lugar en Viena en septiembre de 1997.

● **La Convención sobre la pronta notificación de accidentes nucleares y la Convención sobre asistencia en caso de accidente nuclear o emergencia radiológica.** Estas dos convenciones se adoptaron en 1986, a pocos meses del accidente de Chernobyl. La primera convención establece un sistema de alerta y notificación tempranas de accidentes nucleares que pudieran llegar a ser graves y ocasionar precipitaciones radiactivas que traspasen las fronteras nacionales. La notificación se hace directamente a los Estados afectados o mediante el OIEA, que ha creado un Sistema de Respuesta a Emergencias que funciona como su centro de coordinación. Como indica su nombre, la Convención sobre asistencia obliga a los Estados a facilitar apoyo de emergencia y a notificar al Orga-

nismo los expertos, el equipo y otros materiales de que dispone para proporcionar la asistencia. Ya en agosto de 1997, setenta y ocho Estados eran partes en la Convención sobre notificación, y setenta y cuatro Estados lo eran en la Convención sobre asistencia.

● **La Convención sobre la protección física de los materiales nucleares.** Este acuerdo, que entró en vigor en 1987, aborda la seguridad de los materiales durante el transporte internacional de materiales nucleares y obliga a las Partes a garantizar la protección del material nuclear dentro de su territorio o a bordo de sus buques o aeronaves. En 1992, se celebró en Viena la Primera Conferencia de examen de la Convención en la que las partes en ésta reiteraron sus compromisos. Asimismo, expresaron su convicción de que dicha Convención ofrece un marco propicio para la cooperación a nivel mundial en la protección, recuperación y devolución de materiales nucleares robados y en la aplicación de sanciones penales contra quienes cometan hechos delictivos relacionados con materiales nucleares. Ya en agosto de 1997, cincuenta y siete Estados eran partes en la Convención.

Las normas consultivas de seguridad nuclear y radiológica del OIEA son, entre otras:

● **Las Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación (NBS).** A mediados de los años noventa se alcanzaron importantes logros cuando, gracias a un esfuerzo internacional sin precedente en el que participaron el OIEA, la OMS y otras tres organizaciones, se revisaron las normas radiológicas mundiales. Las NBS comprenden requisitos generales y específicos para una amplia gama de actividades, y son el resultado de una gran cantidad de información científica nueva acumulada en el transcurso del decenio pasado. Dichas normas incorporan las recomendaciones de 1990 de la Comi-

sión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) que introdujo límites de dosis de radiación más bajos para los trabajadores y el público en general. Las NBS también prestan atención a la recomendación de la Comisión de que deben tenerse en cuenta las exposiciones a más de una fuente de radiación, incluidos los peligros potenciales derivados de los accidentes. Como complemento de las NBS, existe una serie de documentos auxiliares que proporcionan orientaciones específicas para la aplicación de las normas.

● **Las Normas de seguridad nuclear (NUSS).** Los amplios códigos y guías de asesoramiento NUSS, piedra angular de esta esfera, abarcan las centrales nucleares. Los temas se relacionan con la organización, la selección del emplazamiento, el diseño, la explotación y la garantía de calidad por parte de los gobiernos. En el decenio pasado se revisaron los códigos y algunas guías NUSS, lo cual incluyó además la emisión, en 1996, de quince documentos sobre la garantía de calidad. Otras normas de seguridad del Organismo se refieren a aspectos relacionados con el diseño y la explotación de los reactores de investigación.

● **Las Normas de seguridad para la gestión de desechos radiactivos (RADWASS).** Creadas mediante un programa iniciado a principios del decenio de 1990, estas normas se basan en la amplia documentación en materia de seguridad relativa a la gestión de desechos que ha emitido el Organismo desde su establecimiento. Dichas normas comprenden una gran diversidad de temas relacionados con la gestión segura, incluidos el almacenamiento y evacuación de desechos procedentes de las instalaciones nucleares, los hospitales, la industria y la investigación. Asimismo, se abordan las descargas de desechos, la clausura de instalaciones y la restauración del medio ambiente. El documento principal se publicó en 1995 y establece los principios y conceptos básicos para la gestión segura de los

desechos radiactivos, los cuales se están ampliando actualmente en documentos auxiliares.

● **El Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos.** Publicado por primera vez en 1961, este reglamento consultivo define las normas básicas que se adoptan ampliamente en todo el mundo para el transporte de casi todos los materiales radiactivos. Su objetivo es proteger al público, los trabajadores de transporte, los bienes y el medio ambiente de los efectos de la exposición a las radiaciones durante el transporte de dichos materiales. La versión revisada se publicó en 1996 y toma en cuenta las recomendaciones de 1990 de la CIPR y las Normas Básicas de Seguridad del Organismo. Asimismo, establece un nuevo tipo de bulto para el transporte aéreo, que debe cumplir normas más rigurosas que las aplicadas a los bultos actuales. Diversas guías de seguridad apoyan el reglamento.

En años recientes se aumentó uniformemente el perfil general de todas las normas del Organismo. A mediados del decenio de 1990 comenzó un proceso de elaboración y examen renovado y más uniforme a cargo del recién creado Departamento de Seguridad Nuclear. Se creó también un grupo de cinco organismos de asesoramiento independientes, cada uno compuesto por unos quince altos funcionarios gubernamentales cuya labor se basa en datos de referencia armonizados para examinar y orientar los programas de normas de seguridad.

— *Basado en informes presentados por Abel González, Director de la División del OIEA de Seguridad Radiológica y de los Desechos, y funcionarios de la División Jurídica del Organismo.*

*Foto: Una de las centrales nucleares de Alemania que de conjunto genera aproximadamente el treinta por ciento de la electricidad del país.*

ciación con otras organizaciones indicaron que los costos de la energía nucleoelectrica eran aproximadamente iguales a los del carbón y en algunos casos a los del gas natural desde el punto de vista de los costos de generación. Un aspecto de la energía nucleoelectrica —el costo relativamente bajo del combustible— registró un repunte en los años noventa. El mercado del uranio se recuperó de manera significativa. Las valoraciones a nivel mundial sobre su base de recursos y su producción adquirieron también un carácter más preciso. En una reunión técnica del OIEA se proporcionaron, por primera vez, datos esenciales procedentes de Rusia y otros países del antiguo bloque soviético.

**R**especto de la participación del OIEA en la esfera de la energía nucleoelectrica, las cambiantes realidades económicas y ambientales del presente decenio se tradujeron en nuevos retos y oportunidades. En general, los programas técnicos se vincularon más estrechamente a la seguridad y el comportamiento de las centrales y a las cuestiones relacionadas con los desechos.

Un objetivo principal consistía en ayudar a más países a crear mejores capacidades para realizar operaciones nucleares seguras y fiables dentro del marco de las normas internacionales del Organismo.

Durante los últimos quince años, en los proyectos de asistencia técnica apoyados por el Organismo se invirtieron 100 millones de dólares en capacitación y soporte físico (hardware) en la esfera de la seguridad nuclear. Este apoyo se dirigió fundamentalmente a los diecisiete países en desarrollo que usan o consideran la posibilidad de usar la energía nucleoelectrica. La asistencia técnica del Organismo comprendía prestar ayuda a fin de construir un simulador de capacitación in situ para el personal explotador de la central nuclear. Ese simulador fue el primero de su tipo en Hungría, y en él se utilizaron piezas sobrantes de centrales inactivas de

Alemania y Polonia. A principios del decenio de 1990, el Organismo fue una de las primeras organizaciones que señaló las deficiencias de la central Kozloduy, de Bulgaria. Estas observaciones motivaron la prestación de asistencia por conducto de amplios programas de seguridad del OIEA. El Organismo también indicó la necesidad de concertar mayores esfuerzos para hacer frente a los problemas de esa central y otras similares de Europa central y oriental. En Bulgaria se ha ampliado desde entonces la asistencia técnica para abarcar las evaluaciones sísmicas, como sucede en varios otros países. El objetivo es contribuir a garantizar que las unidades nucleares sean resistentes a los terremotos, incluso a los que registren escalas superiores a las que los reactores japoneses soportaron este decenio.

Un aspecto importante es que los esfuerzos desplegados por el Organismo contribuyeron a poner en práctica un mejor mantenimiento preventivo y controles operacionales más apropiados en las centrales nucleares durante los últimos diez años. Mediante programas destinados a modernizar los métodos de capacitación y los sistemas de instrumentación, esta labor no sólo incluyó las unidades del tipo Chernobil, sino que también abarcó otros tipos de reactores. Asimismo, se realizaron exámenes por homólogos y análisis técnicos de una parte mucho mayor de incidentes ocurridos en las centrales con miras a "obtener experiencias a partir de ellos". Las redes de información y los servicios de seguridad mundiales apoyados o iniciados por el OIEA y vinculados a los sistemas de reglamentación nacionales desempeñaron un papel clave en este sentido.

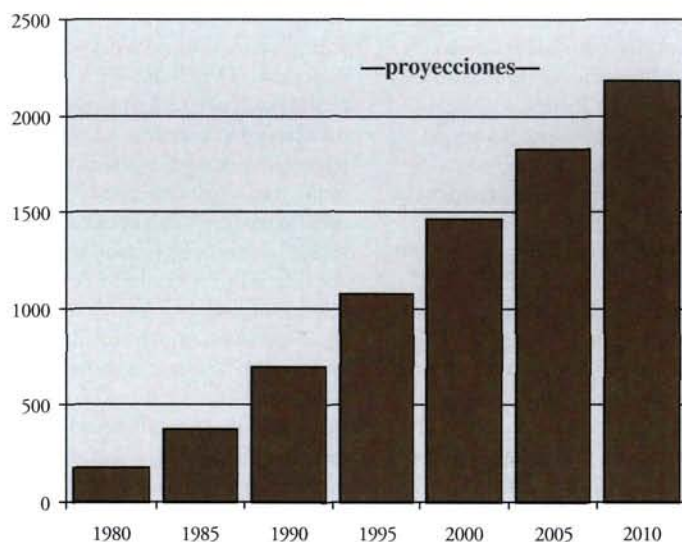
**E**l comportamiento de las centrales nucleares a nivel mundial mejoró durante el decenio de 1990. En las evaluaciones del Organismo se detectó un indicador común, a saber, el "factor de disponibilidad de energía", que mide cuán cercano a la capacidad está el

comportamiento de las unidades. En el presente decenio el factor aumentó a un ritmo de alrededor del siete por ciento y en 1996 se acercaba a un promedio del ochenta por ciento. Otro indicador —las pérdidas de energía derivadas de las paradas de las centrales— disminuyó a niveles inferiores al cinco por ciento, casi iguales a los de las centrales alimentadas con combustibles fósiles. También ha ganado terreno el rendimiento operacional del combustible nuclear en los reactores de agua ligera, tipo principalmente en explotación. En los años noventa, las investigaciones sobre el combustible apoyadas por el OIEA se ampliaron a veintiséis países y tres organizaciones internacionales. Se ofreció asistencia técnica en los estudios sobre el comportamiento del combustible para abarcar los nuevos Estados recientemente independizados de Europa oriental y los tipos de combustible utilizados en los reactores en explotación en esos países.

**D**urante este decenio, en algunos países se introdujeron las centrales de la próxima generación, como popularmente se conocen. Entre los objetivos comunes de los nuevos diseños están aumentar la fiabilidad, mejorar la economicidad y elevar la seguridad. En 1996, las inversiones anuales en la investigación y el desarrollo de diferentes tipos de centrales nucleares avanzadas aumentaron a una cifra estimada de 2000 millones de dólares. La mayor parte de la atención se centró en los conceptos "evolutivos" que se basan en las mejores características de las centrales actuales y añaden otras. En 1996, algunos tipos de reactores avanzados entraron en funcionamiento o su explotación estuvo a punto de comenzar en el Lejano Oriente, Europa y América del Norte, mientras el desarrollo y demostración de otros tipos requerirá más tiempo. Los grupos internacionales de trabajo del OIEA sobre el desarrollo del diseño de reactores avanzados están a la vanguardia de la labor de cooperación.

## GENERACION TOTAL DE PLUTONIO

en toneladas, por año



Los expertos se reúnen periódicamente para intercambiar experiencia y asesorar al Organismo sobre las necesidades de investigación, sobre todo las relacionadas con los vínculos técnicos e informativos entre investigadores de los países en desarrollo y los países industrializados. En el transcurso de este decenio, otro tipo de sistema de energía nuclear futuro generó más interés en el Japón, Francia, Rusia y el Centro Europeo de Investigaciones Nucleares (CERN). Dicho sistema se basa en máquinas denominadas aceleradores que producen corrientes de protones de alta energía. Un elemento atractivo es que estos sistemas, cuando se fusionan con las tecnologías del reactor de fisión, ofrecen perspectivas para producir electricidad a partir de combustible nuclear, al mismo tiempo que destruyen el plutonio y los materiales radiactivos de período largo.

Las nuevas realidades de la parte final del ciclo del combustible nuclear indicaron que era menester hacer ajustes. La gestión de cantidades mayores de combustible gastado se convirtió en un problema apremiante en muchos países y adquirió alta prioridad para el Organismo. En 1985, el inventario acumulado de combustible gastado en el

mundo era de unas 30 000 toneladas de metal pesado. Ahora, en los finales del siglo, se estima que dichos volúmenes se han sextuplicado mientras que analistas del Organismo prevén un crecimiento futuro estable, aunque más lento. Si bien se trata de cantidades considerables, son volúmenes mucho más pequeños y más fáciles de aislar del medio ambiente que los desechos procedentes de las centrales alimentadas con combustibles fósiles, que mayormente se liberan a la atmósfera. El combustible nuclear usado se reelabora o se prepara para la contención en instalaciones de almacenamiento tecnológico. Al estar confinado durante largos períodos, su nivel de radiactividad se desintegra significativamente. En apoyo a los esfuerzos nacionales por mantener el combustible almacenado y controlado en condiciones de seguridad, el OIEA amplió sus servicios técnicos, de investigación y de asesoramiento. Los principales beneficiarios son los países que están empezando a construir instalaciones de almacenamiento o los que estudian el comportamiento del combustible gastado cuando se almacena por más de cincuenta años.

En 1997, se abrieron o estaban en fase de planificación nuevos emplazamientos de evacuación

artificiales destinados a recibir casi todos los tipos de desechos radiactivos. Sin embargo, las decisiones políticas frenaron el avance hacia planes de construcción de repositorios geológicos profundos preparados para depositar desechos radiactivos de actividad alta y combustible gastado. (Véase el recuadro, de la página 39.)

En cuanto a otras cuestiones, surgió el espectro de lo que algunos denominaron la "economía del plutonio". Con el fin de la guerra fría se produjo el desmantelamiento de los armamentos nucleares y la entrada controlada del plutonio al mercado civil. Estados Unidos ha declarado cincuenta toneladas de plutonio excedente y se supone que Rusia revele cantidades similares. En general, las preocupaciones se agudizaron principalmente por varios factores: una industria de reelaboración ampliada para el reciclaje del plutonio y los retrasos en la comercialización de nuevos reactores, reproductores rápidos capaces de quemar el plutonio. La combinación de estos factores contribuyó a aumentar los inventarios mundiales de plutonio. (Véase el gráfico).

Entre las medidas emprendidas por conducto del Organismo están la creación de una base de datos y una metodología para identificar los inventarios y realizar proyecciones de manera fiable; el desarrollo de directrices para la manipulación y el almacenamiento seguros de grandes cantidades de plutonio separado; y la elaboración de una metodología para abordar las preocupaciones relacionadas con la proliferación nuclear desde el punto de vista de diferentes conceptos del ciclo del combustible. El OIEA ha contribuido a negociar los controles necesarios para que el plutonio procedente del sector militar no se pueda utilizar nuevamente en la fabricación de armamentos, y proteger al público de sus radiaciones.

La antigüedad de la industria presentó otras cuestiones. A mediados del decenio de 1990, los países conmemoraron el cuadragésimo aniversario de la energía nucleoelectrónica

como fuente de energía comercial, y muchas centrales han cumplido ya varios decenios. Surgió un interés renovado en lo que el *Financial Times* denominó "la ciencia de la gerontología nuclear". Más de cien centrales en todo el mundo se acercaban al retiro a una edad típica de cuarenta años. Se ha decidido clausurar muchas de ellas, proceso que entraña la limpieza y restauración del emplazamiento. Otras se están remodelando y perfeccionando para prolongar su vida útil en unos veinte años. Hubo más países que comenzaron a procurar orientación por los canales del OIEA con el fin de asimilar las mejores prácticas aplicadas en la industria para "prolongar la vida útil de las centrales", así como la experiencia adquirida en la clausura y restauración de emplazamientos. Es importante señalar que recientemente el Organismo publicó directrices provisionales para dichas actividades con miras a elaborar sus normas de seguridad de forma más amplia.

Las cuestiones relativas a la edad, entre otras, afectaron varios cientos de reactores de todo el mundo, cuyos usos abarcan desde las investigaciones científicas hasta la producción de radisótopos utilizados en la medicina y otras esferas. La mayoría de estos reactores se construyeron en los años sesenta.

Una cuestión específica, de carácter técnico y político, fue la evacuación y almacenamiento seguros del combustible usado procedente de las instalaciones de reactores de investigación. Actualmente, unos sesenta países explotan ese tipo de reactor. Cuando se construyó la mayoría de esos reactores hace veinticinco años, se supuso que el combustible gastado se devolvería con el tiempo a sus proveedores extranjeros, sobre todo, Estados Unidos y la ex Unión Soviética.

A mediados del decenio de 1990, se intensificaron los esfuerzos del Organismo para evaluar la situación y ayudar a los explotadores de los reactores de investigación a identificar y tomar medidas reparadoras.

Esta labor comprendía misiones investigadoras, cursos de capacitación, servicios técnicos de asesoramiento sobre las mejores formas de almacenar el combustible gastado, así como la labor con las autoridades gubernamentales de los Estados Unidos, Rusia y otros países respecto de las medidas ulteriores que pudieran adoptarse. Estados Unidos ha creado un programa para recibir todo el combustible gastado que originalmente suministró a reactores de investigación, y a finales del decenio se ha estimulado a las autoridades de la Federación de Rusia a hacer lo mismo.

**C**abe preguntarse: ¿cuáles son las perspectivas en esta etapa? Mucho antes del final del decenio, se hizo evidente que tanto el futuro de la energía nucleoelectrica como el de los programas conexos del OIEA dependerían de varios factores clave. Como David Fischer escribió en su recuento del Organismo, dichos factores abarcan:

- La demanda de electricidad futura, sobre todo en Asia, donde las tendencias de crecimiento parecen más fuertes.
- El costo relativo de la generación de electricidad mediante el quemado de combustibles fósiles y nucleares.
- El estancamiento de la demanda de electricidad en casi todos los países de América del Norte y Europa occidental. En la mayoría de estos países, la única fuente de energía eléctrica en rápida expansión es el gas natural.
- El mantenimiento de un registro de seguridad superior para la energía nuclear, incluidos sus productos de desecho, a fin de contrarrestar los recuerdos de Chernobyl.
- El convencimiento del público de que los desechos radiactivos se pueden evacuar sin poner en peligro la salud de generaciones futuras. Se cuenta con la tecnología pero no con la confianza del público.
- Y, por último, la seriedad con que el mundo asuma la amenaza del calentamiento de la atmósfera a

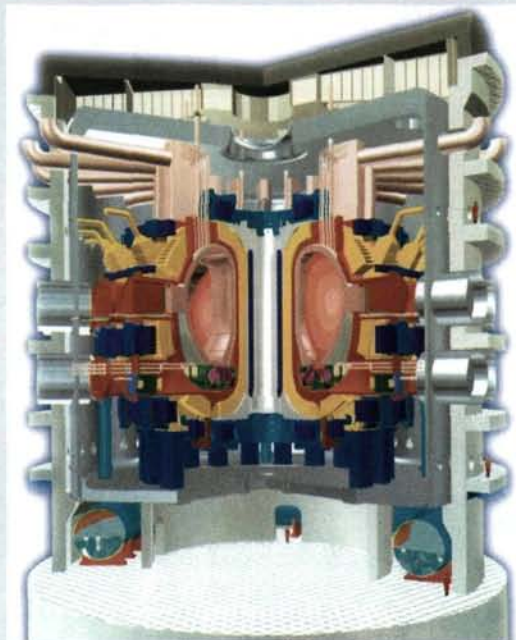
causa de los "gases de efecto de invernadero" emitidos por los combustibles fósiles. Esto se aplica particularmente a América del Norte y Europa occidental. Con la excepción de Francia, en los países de esas regiones los programas de energía nuclear no parecen tener posibilidades de prosperar, a menos que se adopten medidas drásticas para frenar el uso de combustibles fósiles en la generación de electricidad. Ello también se aplica a dos países asiáticos, China y la India, donde el consumo de energía y el quemado del carbón parecen estar destinados a aumentar considerablemente en el próximo siglo.

Según la reseña del Sr. Fischer, el desarrollo mundial de la energía puede que no se materialice si se rechaza la opción nuclear. El Grupo Inter gubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos (IPCC) es el principal órgano internacional que evalúa la repercusión de los gases de efecto de invernadero sobre el clima mundial. El Sr. Fischer observa que el OIEA proporcionó al Grupo una cantidad considerable de materiales. Sin embargo, en 1994 se informó de manera oficial, que según el criterio del OIEA las evaluaciones preliminares realizadas por el Grupo ese año no "reflejaban debidamente el aporte que la energía nuclear podía hacer para satisfacer las demandas de energía y reducir al mismo tiempo las emisiones de dióxido de carbono". En consecuencia, el Director del Organismo Internacional de Energía de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) declaró en una reunión de las Naciones Unidas que "la energía nuclear respondía por gran parte de la disminución de la intensidad de las emisiones de carbono del sector energético de los países de la OCDE en los últimos 25 años".

Sin embargo, concluye el Sr. Fischer: "... los últimos años han demostrado cuán difícil será persuadir a los organismos de energía y los gobiernos de casi todos los países interesados, en particular de países en desarrollo como la India y China, para que asuman los cos-

**E**n el decenio pasado, grupos de los mejores y más brillantes científicos del mundo asumieron importantes retos técnicos para acercar más al mundo a la demostración de las posibilidades de la fusión nuclear, fuente de energía que alimenta al sol y las estrellas. A finales de los años ochenta, y bajo los auspicios del Organismo, se amplió la cooperación mundial mediante una iniciativa cuatripartita entre Japón, Rusia, la Unión Europea y los Estados Unidos, la cual se conoce como Reactor termonuclear experimental internacional o ITER (véase la ilustración; obsérvese el tamaño del modelo en comparación con la persona que está frente a él). El proyecto se creó para confirmar la viabilidad científica de la fusión como fuente de energía potencialmente segura y aceptable desde el punto de vista ambiental, y abordarla también con criterio técnico. Los principales combustibles para la fusión —el deuterio y el tritio, el primero extraído del agua de mar y el segundo reproducido a partir de abundante litio— y su producto final, el gas noble helio, no son ni tóxicos ni radiactivos ni contribuyen al “efecto de invernadero”. A finales de 1990, los científicos concluyeron, con éxito, el diseño conceptual del reactor tokamak de fusión ITER, y dos años después comenzaron la fase de diseño técnico cuyos trabajos intensivos se mantendrán durante gran parte del presente decenio. Hasta el momento, ninguna de las cuatro partes se ha comprometido de manera oficial a construir la planta de fusión, y han surgido algunos problemas técnicos y financieros. Además del proyecto ITER, internacionalmente se investigan otros conceptos de la fusión, labor que se informa y comparte en conferencias mundiales apoyadas por el OIEA, programas de investigación y la revista científica del OIEA *Nuclear Fusion*.

## “MINISOLES” PARA ENERGÍA



De poderse vencer los obstáculos técnicos y económicos, los amplios esfuerzos desplegados en el decenio pudieran contribuir a hacer más reales las perspectivas de que la electricidad generada por fusión se logre poner a prueba en el mercado del siglo XXI.

—Basado en informes presentados por Thomas Dolan, Franz-Nikolaus Flakus y David Fischer.

tos de la disminución de las emisiones de dióxido de carbono y convencer al público de que la energía nuclear es una de las soluciones viables al problema del calentamiento de la atmósfera. Otro indicador en tal sentido es la renuencia del IPCC a reconocer el papel potencialmente inocuo de la energía nuclear”.

**A**ún queda por ver hacia dónde conducirán los esfuerzos que a nivel mundial se realizan por alcanzar un desarrollo energético más seguro y más limpio. Quizás la superconducción o la fusión termonuclear comercial (véase el recuadro supra) se convier-

tan en realidad mucho antes de lo que actualmente se considera posible. Al igual que sucedió hace varios decenios con el uso comercial de la energía nuclear, los científicos —como los que trabajan en el Centro Internacional de Física Teórica radicado en Italia y dirigido por la UNESCO con el apoyo del OIEA— pueden lograr importantes avances mediante la energía solar u otras fuentes de energía promisorias.

Es casi seguro que en los años venideros las funciones del OIEA se verán influidas por las respuestas a la importante pregunta inicialmente formulada: ¿con cuál combustible y tecnología decidirán los gobiernos proseguir sus esfuerzos orientados al

desarrollo energético? Entre otros acontecimientos, la conferencia de Kyoto sobre los cambios climáticos, que se celebrará en diciembre, quizás contribuya a establecer el ritmo del avance en un frente importante.

—Lothar Wedekind, basado en informes presentados por el Dr. Hans Blix, Victor Mourogov, Zygmund Domaratzki, Morris Rosen, Juergen Kupitz, Poong-Eil Juhn, John Cleveland, Boris Guerguiev, K.V. Mahadeva Rao, Iain Ritchie, la Sra. Candace Chan-Sands, Bela J. Csik, Viktor Arkhipov, Noboru Oi, James Finucane, Arnold Bonne, Royal Kastens, la Sra. Lucille Langlois, Leonard Bennett, la Sra. Evelyn Bertel y David Fischer.

# POR TIERRA, CIELO Y MAR

En los últimos diez años muchos países han acudido a los científicos y técnicos del Organismo para evaluar las condiciones radiológicas y las amenazas de contaminación del medio ambiente. La respuesta al accidente de Chernobí de 1986 fue la medida más difundida. (Véase la página 24). Durante la primera mitad del decenio de 1990, numerosos países solicitaron la asistencia técnica del Organismo en respuesta a serias preocupaciones:

● Después de la guerra del Golfo en 1991, se reclamó la presencia, en las costas de Kuwait, de especialistas del Laboratorio del OIEA para el Medio Ambiente Marino a fin de que estudiaran y analizaran los daños causados por la contaminación resultante de los incendios de yacimientos donde ardiéron 500 millones de barriles de petróleo. Los resultados preliminares se incluyeron en la evaluación ambiental publicada por primera vez en el mundo en la prestigiosa revista científica *Nature*. De forma sorprendente, dichos resultados mostraron que la mayor contaminación por hidrocarburos se produjo dentro de un radio de unos 400 kilómetros de las fuentes. En 1992 los contaminantes de hidrocarburos se habían degradado, quedaban solamente los compuestos resistentes, y los niveles de contaminación se habían reducido a la mitad de los valores de 1991. Se piensa que este ritmo de reducción disminuyó en 1993 como resultado de la reanudación del tráfico de petroleros comerciales y del derramamiento "usual" de petróleo asociado a esa actividad. Las concentraciones de contaminantes de hidrocarburos en los mares alcanzaron niveles

máximos en agosto de 1991, cuando las pruebas indicaron una toxicidad considerable para las larvas marinas, efecto que disminuyó notablemente en 1993. Esta experiencia demostró cómo las técnicas nucleares pueden combinarse de manera eficaz con otros métodos para descubrir los orígenes y el movimiento de la contaminación por hidrocarburos, y así contribuir a evaluar los daños.

● En este decenio, grupos de especialistas del Organismo enfrentaron otros problemas en las costas del Mar Caspio y el Mar Negro, en Tailandia y otros países. Por ejemplo, en la región del Caspio, se prestó apoyo a cinco países para realizar campañas de vigilancia ambiental destinadas a descubrir las causas de la elevación del nivel del mar y la forma de evitar la inundación de ciudades y tierras agrícolas. Otro proyecto mundial con el Organismo Sueco de Desarrollo Internacional incluye estudios isotópicos de la escorrentía de plaguicidas agrícolas, que pone en peligro las regiones costeras y la subsistencia de los recursos pesqueros.

El ochenta por ciento aproximadamente de toda la contaminación marina se debe a la actividad humana en tierra: la evacuación de aguas residuales, los desechos industriales y los contaminantes químicos. En 1995, los Estados adoptaron un plan de acción mundial considerado como el primer programa que posibilitaría una mayor "interacción sostenible" entre el hombre y el mar. Puede que para esta difícil tarea se requieran los servicios de especialistas del Organismo. Se ha elaborado más de una forma en que estos servicios podrían contribuir a materializar las metas y principios del plan de acción.



● En países de Europa central y oriental, se ha cobrado mayor conciencia acerca de la contaminación radiactiva debida a la extracción y tratamiento del uranio, la cual se ha convertido en una seria preocupación para la salud y el medio ambiente. En 1993 y 1995, el Organismo inició esfuerzos para ayudar a los países a evaluar la situación y comenzar a rehabilitar las tierras contaminadas aplicando medidas correctoras eficaces. En 1997, quince países participaban en dos proyectos de medidas correctoras, y el Organismo ya publicó algunos resultados de esos proyectos. En países como Bulgaria, Eslovenia y la República Checa se han iniciado nuevos proyectos.

● En los mares árticos, mediante un amplio proyecto ejecutado de

1993 a 1996, se evaluaron los posibles efectos sobre la salud y el medio ambiente provocados por los desechos radiactivos vertidos en aguas poco profundas, cerca del polígono de ensayos nucleares de Nueva Zembla. Esos desechos incluían el combustible gastado de seis reactores submarinos y del conjunto combustible del reactor de un rompehielos. Auspiciado por la Organización Marítima Internacional, y de conformidad con su responsabilidad contraída en virtud del Convenio de Londres de prevenir la contaminación por vertimiento, el OIEA realizó un estudio en el que participaron más de cincuenta expertos de catorce países. En el estudio se determinó que, para los grupos de población locales típicos, los riesgos radiológicos presentes y futuros relacionados con los desechos vertidos eran insignificantes. También se llegó a la conclusión de que, sólo desde el punto de vista radiológico, no se justificaba un programa de medidas correctoras. Los expertos observaron que se debía examinar la posibilidad de establecer una vigilancia ambiental limitada para detectar cualquier cambio en el estado de los desechos vertidos altamente radiactivos. A mediados de los noventa, también se pidió a los especialistas en ciencias del mar del OIEA que apoyaran estudios sobre antiguos lugares de vertimiento de desechos radiactivos en zonas del noroeste del Océano Pacífico. Dichos especialistas se unieron a dos expediciones científicas llevadas a cabo conjuntamente por el Japón, la República de Corea y Rusia. Se espera que este año se presente un informe al respecto.

● En Kazajstán en 1994, un grupo de expertos evaluó el antiguo polígono de ensayos nucleares conocido como Semipalatinsk. Motivó preocupación las condiciones radiológicas de alrededor de 40 000 personas que vivían fuera aunque cerca del perímetro del polígono de ensayos, sobre el que habían pasado penachos radiactivos de los ensayos nucleares. El

grupo de expertos observó que los habitantes de esos asentamientos no corrían riesgo radiológico. Sin embargo, el grupo también se percató de que no se había restringido el acceso a la zona más cercana al referido polígono y que las personas la estaban volviendo a ocupar. Según el grupo, los niveles de radiación en estas zonas eran lo suficientemente elevados como para instar a las autoridades pertinentes a prohibir, por razones de seguridad, el asentamiento de personas en ese lugar.

● A lo largo del decenio, sobre todo en países de Europa y América del Norte, se manifestaron, con insistencia, crecientes preocupaciones por los niveles de radón natural en casas y edificios. A raíz de una conferencia sobre altos niveles de radiación natural, celebrada en 1990 en el Irán, aumentó aún más la conciencia mundial respecto de este asunto. Especialistas de treinta países asistieron al encuentro, que fue auspiciado conjuntamente por el OIEA, la OMS y otras organizaciones. A principios del decenio de 1990, el OIEA y algunos países europeos patrocinaron un programa quinquenal de investigación sobre el radón que apoyó, con métodos analíticos, campañas de vigilancia a nivel nacional. Más de cincuenta países participaron en cincuenta y un proyectos independientes que incluían el análisis de laboratorio de las mediciones de radón efectuadas en exteriores, lugares de trabajo y viviendas.

● A fines de 1995, se organizó un grupo asesor de expertos de siete países, el OIEA, la OMS y el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) a fin de evaluar las inquietudes de los habitantes de las Islas Marshall que habían sido evacuados del antiguo polígono de ensayos nucleares del atolón de Bikini. La población de Bikini fue trasladada a las Islas Marshall antes de comenzar los ensayos nucleares

a mediados de los años cuarenta. Los estudios radiológicos científicos realizados durante los últimos decenios, así como los recientes patrones de su reasentamiento, no los habían convencido de que no corrían riesgos al regresar al atolón para vivir en él. El grupo llegó a la conclusión de que, conforme a los principios internacionales de protección radiológica, se podían tomar medidas reparadoras viables desde el punto de vista técnico y financiero para permitir el reasentamiento de la población de Bikini. De tomarse esas medidas, el grupo recomendaba el control de los alimentos para asegurar la eficacia de la estrategia. Se están analizando otras actividades auspiciadas por el Organismo en apoyo a las inquietudes de la población de Bikini.

● En 1996, se inició una evaluación de la situación radiológica presente y futura de los antiguos polígonos de ensayos nucleares en los atolones de Mururoa y Fagatafa en el Pacífico meridional. El estudio, solicitado y financiado principalmente por Francia, se encuentra bajo la dirección de un Comité Asesor Internacional de expertos mundiales. Once laboratorios de nueve países participan en el análisis de muestras terrestres y seis laboratorios de seis países, en el análisis de muestras marinas. En julio de 1996 se llevó a cabo una campaña de muestreo y vigilancia. Científicos de los Laboratorios de Seibersdorf del OIEA y de su Laboratorio para el Medio Ambiente Marino participan directamente en actividades de vigilancia y análisis. Según informó el comité asesor en reuniones de este año, el estudio avanza conforme al calendario previsto para su terminación a principios de 1998.

—Basado en documentos e informes del OIEA presentados por la Sra. Kirsti Sjoebloom, Gordon Linsley, Murdoch Baxter, la Sra. Candace Chan-Sands, Pier Roberto Danesi, y Jasimuddin Ahmed.

# MOSTRANDO EL CAMINO

**L**a difícil tarea de demostrar la seguridad del almacenamiento y evacuación de desechos radiactivos adquirió mayores proporciones durante el decenio pasado. Casi todas las preocupaciones tuvieron su origen en las decisiones políticas de aplazar los planes de construir o establecer repositorios diseñados para manipular combustible gastado y desechos nucleares muy tóxicos y radiactivos. Algunos países iniciaron costosas campañas de limpieza para contrarrestar anteriores prácticas de almacenamiento y evacuación de desechos seguidas en las esferas militar y civil. Sin embargo, en la mayoría de los países se lograban discretamente más adelantos técnicos a fin de demostrar soluciones a problemas tanto reales como imaginarios.

Un estudio realizado por el OIEA a mediados del decenio de 1990, demostró que la experiencia se está aplicando de manera amplia. Existen más de 100 instalaciones de evacuación en el mundo, que comprenden desde cámaras de almacenamiento bajo tierra hasta repositorios geológicos de desechos de actividad baja o intermedia (DABI). Otros 42 repositorios estaban en construcción. Todos se atienen a las múltiples medidas de protección y a los controles operacionales e institucionales. Las actividades del Organismo se centran en la prestación de asistencia a los países, promoviendo la transferencia de tecnologías y métodos probados mediante misiones técnicas, programas de investigación, servicios relacionados con la seguridad y otros medios. También se reanudó el trabajo con algunos países interesados en el establecimiento de repositorios regionales o multinacionales según el cual, uno de los países tiene un emplazamiento que recibe los desechos de los demás. El OIEA identificó



los pros y los contras de dicho método y presentó informes al respecto.

En relación con la evacuación de desechos radiactivos de actividad alta y del combustible gastado, los planes de demostración progresaron, aunque lentamente, con frecuencia debido a los prolongados procesos de examen técnico y político. La mayoría de los países que enfrentan el problema no prevén empezar a explotar los repositorios de evacuación geológica profundos hasta bien entrado el próximo siglo. Eso no quiere decir que los desechos se estén acumulando. En casi todos estos países, los desechos nucleares se depositan en instalaciones de almacenamiento tecnológico provisional, lo que posibilita que se enfríen sin peligro durante decenios. La asistencia técnica prestada por el Organismo durante el decenio fue: apoyar amplios programas de investigación conjunta sobre el comportamiento de las formas de desechos de actividad alta y de los contenedores según las condiciones de los repositorios, y realizar evaluaciones

de la seguridad de las instalaciones de evacuación subterránea para otros tipos de desechos.

El Organismo abrió nuevos caminos apoyando una evaluación internacional semestral de estudios científicos en la que se analizó el comportamiento de la Planta Piloto para el Aislamiento de Desechos en Estados Unidos, que ahora se encuentra en las últimas etapas de una inspección estatal. Organizada conjuntamente con la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE esta evaluación fue realizada en los años 1996 y 1997 por expertos en las esferas de la geología, la protección ambiental y la seguridad nuclear y radiológica.

El informe de los expertos corroboró los estudios científicos y los consideró acertados desde el punto de vista técnico. La planta piloto está diseñada para la evacuación permanente de plutonio y otros desechos de período largo generados en las actividades relacionadas con la defensa, incluidos instrumentos y ropas contaminados. Está construida a más de un kilómetro bajo tierra en un emplazamiento de Nuevo México. Según el plan, esta instalación debe comenzar a recibir desechos en mayo de 1998, sujeto a la aprobación del Organismo de los Estados Unidos para la Protección del Medio Ambiente y el Departamento de Medio Ambiente de Nuevo México.

— Basado en informes de Kyong Won Han, Jorma Heinonen, la Sra. Candace Chan-Sands y Arnold Bonne.

*Foto: Uno de los medios de protección para la contención segura de desechos radiactivos se conoce como vitrificación (del latín "vitrus" vidrio). El vidrio se utiliza para solidificar los desechos de actividad alta, una de las medidas de protección previas a la evacuación. Aquí se muestra cómo se vierte vidrio derretido desde un crisol de platino a un molde de barras de acero.*

# REGRESO AL FUTURO: EL CAMBIANTE MUNDO QUE NOS RODEA

1972

1997

## POBLACION

La población mundial es de 3800 millones de personas, más del 70% de las cuales vive en países en desarrollo.

## URBANIZACION

Un 38% de la humanidad vive en pueblos y ciudades, tres de ellas solamente tienen más de diez millones de habitantes.

Más de 200 millones de autos, la mayoría de países industrializados, agravan los problemas de contaminación local.

Anualmente se liberan a la atmósfera unos 16 000 millones de toneladas de dióxido de carbono, gas relacionado con el calentamiento de la Tierra, la concentración atmosférica es de 327 ppm.

## AGUA DULCE

Cada año se utilizan unos 2600 kilómetros cúbicos de agua dulce, principalmente para el riego.

## MEZCLA ENERGETICA

Los combustibles fósiles representan el 94% de la mezcla energética mundial.

La electricidad representa casi el 21% de la producción total de energía. El consumo per cápita anual es de unos 1400 kilovatios-hora (kWh). Por región, el consumo es aproximadamente de 8200 kWh en América del Norte; 3100 en Europa occidental; 2800 en Europa oriental; 565 en América Latina; 396 en Asia sudoriental; 240 en África, y 143 en el Oriente Medio y el Asia meridional.

La generación total de electricidad en el mundo es de unos 5000 teravatios-hora, de los cuales la energía nucleoelectrónica suministró menos del 2% (80 TWh).

Los países gastan 836 000 millones de dólares de los Estados Unidos (en precios de 1995) en armamento y en las fuerzas armadas. Los cinco Estados nucleares declarados realizan 57 ensayos nucleares. A finales del año, 70 Estados no poseedores de armas nucleares habían pasado a ser Partes en el Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares (TNP), el cual entró en vigor en marzo de 1970.

La población mundial llega a 5850 millones de habitantes, un incremento de 2000 millones con relación a 1972, y crece en 81 millones de personas al año. En la actualidad, cerca del 80% de la población mundial vive en países en desarrollo.

Un 47% de la humanidad vive en ciudades o en zonas aledañas, 18 de las cuales tienen más de 10 millones de habitantes. Trece de estas "megálópolis" se encuentran en países en desarrollo.

## CONTAMINACION ATMOSFERICA

Casi 500 millones de autos ruedan por las carreteras de los países industrializados y en desarrollo, donde muchas ciudades ahora tienen niveles de contaminación peligrosos. La contaminación transfronteriza se ha convertido en un problema de carácter regional y mundial.

## LA TIERRA Y EL CO<sub>2</sub>

Las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes del quemado de combustibles fósiles y de otras fuentes alcanzan aproximadamente los 23 000 millones de toneladas anuales. Las concentraciones atmosféricas sobrepasan las 360 ppm, un 20% más altas que los niveles de hace cien años.

El consumo de agua dulce ha aumentado en casi dos terceras partes a 4200 kilómetros cúbicos anuales. Los problemas con el agua son graves: 1400 millones de personas —una quinta parte de la población mundial— no tiene acceso al agua potable y una décima parte carece de agua para un saneamiento adecuado.

Los combustibles fósiles representan el 90% de la mezcla energética mundial hasta el 3%, desde 1991, lo que indica una tendencia alcista después del bajo nivel de los años ochenta.

## ELECTRICIDAD

La electricidad constituye casi la tercera parte de la producción total de energía. El consumo per cápita mundial llega a 2200 kWh a mediados de los años noventa. Por región, aún existen diferencias: el consumo en América del Norte es de 13 000 kWh; 5400 en Europa occidental; 4200 en Europa oriental; 1500 en América Latina; 1200 en Asia sudoriental; 500 en África y 500 en el Oriente Medio y el Asia meridional. La generación total de electricidad es de unos 13 000 TWh, y la participación de la energía nucleoelectrónica es de 2200 TWh o 17% aproximadamente.

## LIMITACION DE LOS ARMAMENTOS

Los gastos militares mundiales son de unos 800 000 millones de dólares de los Estados Unidos. Antes de la aprobación de la prohibición de los ensayos de armas nucleares a nivel mundial en 1996, se realizan otros siete ensayos, lo que elevó el número total notificado desde 1945 a más de 2040. Las reducciones de los gastos en armamentos continúan, pero en Rusia y Estados Unidos aún quedan unas 6000 bombas nucleares estratégicas. En julio de 1997, el número de Estados que habían suscrito el TNP era de 185, incluidos 180 Estados no poseedores de armas nucleares y las cinco potencias nucleares declaradas. Según las Naciones Unidas, las reducciones de los gastos militares proporcionan "dividendos de la paz" superiores a 900 000 millones de dólares de los Estados Unidos, pero es difícil determinar si los fondos excedentes se utilizan en pro del desarrollo económico y social.