



Por Werner Burkart y Michael D. Rosenthal

Observando los efectos

Los beneficios socioeconómicos de las tecnologías nucleares con fines pacíficos

El uso generalizado de los “átomos para la paz” brinda anualmente ganancias por valor de decenas de miles de millones de dólares a personas de todo el mundo. Por ejemplo, contribuyen a mejorar la atención médica, la producción de alimentos, la generación de electricidad y la industria manufacturera.

En la actualidad, las tecnologías nucleares y radiológicas son componentes firmes y dinámicos de las economías nacionales de muchos países. Sin embargo, los dólares y centavos sólo cuentan parte de la historia y no se dispone por igual de las cifras correspondientes a todos los países que aplican tecnologías nucleares. Es preciso determinar mejor cuándo, dónde y por qué se pueden obtener los beneficios del átomo pacífico y, muy importante, cómo lograr mantenerlos. La información es igualmente importante para los encargados de adoptar decisiones y para el público. Ni siquiera las técnicas nucleares más novedosas o ultramodernas son autónomas, y las decisiones en materia de tecnología nuclear deben enmarcarse en un contexto más amplio. Es preciso juzgar las aplicaciones nucleares teniendo en cuenta sus posibles contribuciones y compararlas con los competidores convencionales. También deben medirse atendiendo a los costos, la fiabilidad, la seguridad, la simplicidad, la sostenibilidad y otros factores decisivos para los planes de los gobiernos, las empresas privadas, los institutos de investigaciones y los consumidores.

Todas esas entidades requieren información más fiable que las ayude a adoptar las decisiones. En la esfera nuclear, la información suele estar determinada, correcta o incorrectamente, por percepciones acertadas o erróneas acerca del riesgo. Además, hay que tener en cuenta los nuevos desafíos, como la privatización de la producción de electricidad y la atención a la salud, a fin de evaluar de manera imparcial la competitividad económica y el uso de las aplicaciones nucleares en el futuro. Por conducto de evaluaciones informadas, podemos comprender mejor los efectos de las aplicaciones nucleares con fines pacíficos, lo que ayudará a los países a adoptar mejores decisiones sobre los usos futuros. En el presente artículo se hace un balance de los efectos socioeconómicos del átomo

pacífico y se comparan diferentes enfoques para evaluar los beneficios. Esas evaluaciones permiten comprender mejor la forma en que las aplicaciones nucleares pueden atender más cabalmente a las necesidades más apremiantes del desarrollo mundial.

¿Cuán amplios son los efectos?

El OIEA posee un caudal de variados programas para mejorar las técnicas nucleares existentes o encontrar otras nuevas, y para transferir las que proporcionan beneficios tangibles a los países en desarrollo. Desde 1957, el OIEA ha proporcionado asistencia técnica, capacitación y apoyo de otro tipo por un valor de más de 1 200 millones de dólares de los Estados Unidos, lo que ha ayudado a los países a aprovechar de manera constructiva los átomos pacíficos. Los resultados se observan en importantes contribuciones de la energía atómica al mejoramiento de la vida cotidiana de miles de millones de personas en todo el mundo. Las técnicas nucleares hacen que nuestros alimentos sean más seguros y abundantes; ayudan a prevenir, diagnosticar y curar enfermedades; optimizan el uso sostenible del agua; y protegen el medio ambiente. Las técnicas nucleares han hecho aportes significativos y pueden contribuir mucho más en esferas clave de interés para la comunidad internacional, definidas en el Plan de Acción del Programa 21, la Declaración del Milenio y la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Social, celebrada en Johannesburgo en 2002.

En la medida en que el OIEA procura “acelerar y ampliar” las contribuciones de la “energía atómica”, como establece su Estatuto, es importante comprender en qué forma se han hecho esas contribuciones, su magnitud y los efectos que han tenido. Podrían evaluarse únicamente por su efecto económico, pero también debe considerarse el efecto general, teniendo en cuenta las cuestiones ambientales y de otra índole. Es más, se considera que para lograr los objetivos acordados en la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible es imprescindible contar con un medio ambiente saludable y sostenible.

Es preciso evaluar cómo las actividades nucleares desplegadas en todo el mundo y respaldadas por el OIEA contribuyen al

bienestar humano, en especial al bienestar de las personas, su efecto neto para las empresas privadas y sus consecuencias para el sector público. Hay que entender cómo repercutirán sobre las generaciones futuras. Las actividades nucleares afectarán a los recursos de la sociedad, o sea, sus instituciones, el conocimiento del público, el capital humano, el capital manufacturado y el capital natural. En un mundo cada vez más globalizado, las contribuciones nacionales o regionales también podrían beneficiar a la comunidad mundial, y no solo a una sociedad. Al comparar el átomo pacífico con otras opciones para el desarrollo socioeconómico, se debe considerar en especial la sostenibilidad de los procesos iniciados recientemente.

¿Qué son las técnicas nucleares?

Si bien en todas partes se utilizan técnicas nucleares para medir, dirigir y cambiar al mundo circundante, no es fácil caracterizarlas.

¿Cuál es la contribución nuclear? ¿Cómo debe evaluarse?

¿Cuál es su efecto total?

① La contribución nuclear es relativamente clara en un grupo de actividades, como es el caso de la producción de energía nuclear, que está arraigada en una infraestructura profesional e industrial establecida. Ello comprende las actividades del ciclo del combustible nuclear realizadas por profesionales con experiencia en la esfera nuclear, reguladas por autoridades nucleares y que dependen de un acervo industrial y de conocimientos altamente especializados. Los efectos pueden ser trascendentes, y es posible que afecten de manera importante a la fauna silvestre local, las condiciones sanitarias regionales o las tendencias del clima a escala mundial.

② En un segundo grupo, como la radiología diagnóstica, la medicina nuclear y la radioterapia, también es evidente el acervo

de conocimientos e infraestructura especializados que se requiere. Médicos y técnicos que trabajan en la esfera de la medicina nuclear realizan cada año en todo el mundo miles de millones de procedimientos que dependen del suministro estable de isótopos o el uso seguro de radiofármacos y tecnologías de las radiaciones. Su “valor comercial” total es muy grande. Ahora bien, otros efectos son difíciles de cuantificar. Por ejemplo, ¿cómo valoran los padres la contribución de un procedimiento diagnóstico nuclear que es imprescindible para realizar otra intervención quirúrgica que prolonga la vida de su hijo?

③ Un tercer grupo de aplicaciones nucleares, incluidas la fitotecnia, la seguridad alimentaria, la lucha contra las plagas, y la gestión del agua, produce resultados que se hacen evidentes fuera de una infraestructura nuclear especializada o un régimen regulador. Esas aplicaciones desempeñan una importante función en las actividades nacionales y regionales que proporcionan los elementos esenciales de la vida, como el suministro adecuado de alimentos y agua aptos para el consumo. Los efectos pueden ser enormes y el rendimiento de las inversiones grande, aun cuando sean difíciles de medir. La introducción exitosa de una variedad vegetal más resistente podría cambiar totalmente grandes sistemas agrícolas. La lucha contra una plaga de insectos y su eliminación podría liberar a los granjeros de los países más pobres de las limitaciones que los agobian, o potenciarlos para que superen las barreras interpuestas al comercio internacional. Los cambios en las economías nacionales pueden ser significativos.

La breve información que figura a continuación sobre la energía, la agricultura, la salud, los recursos hídricos y la industria ilustra aspectos específicos y revela algunos elementos que permiten cuantificar los efectos del átomo pacífico.

Energía nuclear



La generación de energía nucleoelectrónica es la actividad nuclear más prominente, pero también la más controvertida. En todo el mundo, 441 centrales nucleoelectrificadas de 31 países generaron un 16% de la producción total de electricidad en 2002. La proporción de electricidad generada por medios nucleares sobrepasa el 75% en Francia, el 30% en el Japón y el 20% en los Estados Unidos.

Evidentemente, el efecto socioeconómico de la producción de energía nucleoelectrónica varía ampliamente. Al nivel económico, el efecto se puede evaluar analizando el valor comercial (precios al consumidor) de la electricidad producida. Según indicaron investigadores japoneses en la edición de octubre de 2002 del *Journal of Nuclear Science and Technology*, la cifra

PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD DE ORIGEN NUCLEAR

Según datos del Examen de la tecnología nuclear del OIEA para 2002, se puede estimar la contribución mundial de la producción de electricidad de origen nuclear

	Electricidad total TWh	Electricidad de origen nuclear TWh	Proporción nuclear %	Dólares (en miles de millones)
Mundial	15 000	2 500	16	125
Estados Unidos	3 800	770	20	39
Japón	940	320	34	16
Francia	520	400	77	20
Francia	520	400	77	20
Bélgica	76	44	58	22
Lituania	15	11	78	0,6

Notas: El kWh tiene un valor de 5 centavos (al por mayor); cifras redondeadas del Examen de la tecnología nuclear de 2002.

Fuentes: OIEA; *Journal of Nuclear Science & Technology* (Octubre de 2002).

estimada para el Japón y los Estados Unidos correspondiente a 1997 fue de 47 000 millones de dólares y 39 000 millones de dólares, respectivamente, lo que representa alrededor del 0,5% del Producto Interno Bruto (PIB) de ambos países. En Francia, donde la proporción de la electricidad producida por medios nucleares es considerablemente mayor, la cifra es de un 1,5%. (Esas estimaciones se basan en el precio de la electricidad al consumidor. Si se restan los costos de transmisión y distribución

—componentes no nucleares—, la contribución nuclear se reduciría en alrededor de dos veces.)

También hay que tener en cuenta los factores sociales y ambientales. Muchos son indirectos e incluyen valoraciones y percepciones. No todos se incluyen en los precios de la electricidad en el mercado. Al analizar las opciones, algunos factores, como las emisiones de gases de invernadero o de partículas, son fácilmente cuantificables, aunque difíciles de evaluar en cuanto a su efecto para la salud y el clima.

Alimentación y agricultura



Las principales aplicaciones nucleares en la alimentación y la agricultura son la fitotecnia por mutaciones, la lucha contra las plagas y la irradiación de los alimentos. Las investigaciones dependen en gran medida de las técnicas nucleares, como en el caso de los estudios de la erosión de los suelos, los ciclos del agua, y los efectos para el medio ambiente. Durante siglos, los agricultores y fitotécnicos han procurado mejorar las variedades vegetales. Desde el decenio de 1950, los centros internacionales de investigaciones agrícolas y los sistemas nacionales de investigaciones agrícolas, de manera concertada, han venido tratando de mejorar la agricultura en los países en desarrollo mediante la obtención de nuevas variedades de cultivos con rendimientos más altos o mayor resistencia al desgaste ambiental provocado por la sequía, la salinidad o las plagas. Se han logrado miles de nuevas variedades que se han convertido en parte de la aclamada “Revolución Verde”. Los resultados han sido impresionantes. En la revista *Science* de mayo de 2003, los investigadores R.E. Evenson y D. Gollin analizaron la repercusión mundial de las investigaciones agrícolas internacionales. Según sus estimaciones, en la actualidad, “a falta de investigaciones internacionales... la ración calórica per cápita en el mundo en desarrollo habría sido entre 13,3% y 14,4 % inferior, y la proporción de niños malnutridos, entre 6,1% y 7,9% superior”. Concluyeron además que “prácticamente todos los consumidores del mundo se han beneficiado de los precios más bajos de los alimentos”.

En general, Evenson y Gollin demostraron que los consumidores recibieron grandes beneficios de las inversiones realizadas en las investigaciones agrícolas internacionales. Sin embargo, al propio tiempo, no todos los agricultores se benefician. Los productos más baratos de competidores más eficientes suelen perjudicar a los pequeños agricultores, y las plantas de mayores rendimientos han provocado un mayor uso de los fertilizantes para maximizar su potencial. También han surgido preocupaciones acerca de la sostenibilidad de la agricultura intensiva y las consecuencias

En la esfera nuclear, los costos de la clausura de centrales nucleares, o el costo del almacenamiento a largo plazo de los desechos nucleares, se entienden bien, pero el riesgo de accidentes genera grandes incertidumbres. A veces, en los costos de producción se incluyen los fondos para la clausura de la central y la disposición final de los desechos. Empero, se sigue desconociendo el costo total del quemado no sostenible de combustibles fósiles, que se realiza bajo el principio de “diluido y disperso.” Por consiguiente, los ejercicios comparativos han sido complejos y propensos a crear discrepancias.

ambientales de la degradación de los suelos, la contaminación química, la salinidad de los suelos y la diversidad biológica.

Un importante método utilizado en la Revolución Verde es el conocido como “fitotecnia por mutaciones inducidas por irradiaciones”, seguida de la selección de plantas en busca de las características deseadas. Aunque es difícil estimar su papel en cuanto a lograr resultados mundiales, su importancia resulta obvia. Por ejemplo, según señalaron los investigadores en el libro *Crop Variety Improvement and Its Effect on Productivity* de 2003, el porcentaje de arrozales dedicados a variedades producidas con ayuda de la irradiación en 1998 fue de al menos 28% en Tailandia, 19% en Lao, y 14% en Viet Nam. En el Japón, los investigadores estiman que las variedades vegetales producidas mediante mutaciones inducidas por radiaciones tienen una participación en el mercado de 804 millones de dólares, según se informó en la edición de octubre de 2002 del *Journal of Nuclear Science and Technology*. En el Pakistán el 25% de la plantación de la zona aldonera está constituido por un cultivar de mutantes de alto rendimiento inducidos mediante el uso de rayos gamma. Se estima que ese cultivar ha aportado más de 3000 millones de dólares en producción aldonera y que salvó a la industria textil del Pakistán cuando se vio amenazada por la reducción de la producción de algodón debido a plagas de insectos.

El control de plagas con el método denominado “técnica de los insectos estériles” (TIE) también es una práctica establecida. Se utiliza eficazmente contra la mosca mediterránea de la fruta a fin de proteger los huertos de cítricos y los viñedos, y contra el gusano barrenador para proteger al ganado. Se estima que los beneficios económicos anuales que reporta la TIE a los Estados Unidos ascienden a 1500 millones de dólares y 1300 millones de dólares, respectivamente, en el caso de esos insectos. Proteger el medio ambiente de los insecticidas y preservar la diversidad biológica son otros beneficios de esa tecnología específica. La aplicación de la TIE contra la mosca tsetsé, que amenaza la sanidad pecuaria y la salud humana, y sigue siendo un gran obstáculo para el desarrollo rural de África, avanza con un apoyo considerable del OIEA y ha permitido erradicar esta plaga en Zanzibar. Como resultado, ahora los agricultores de la región pueden aprovechar mejor las variedades de ganado de alto rendimiento de leche y carne. El número de agricultores que aplican la técnica ha aumentado significativamente desde 1999, así como la producción lechera y agrícola. El OIEA ha comenzado una labor de investi-

APLICACIONES NUCLEARES SELECCIONADAS EN MATERIA DE ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA

Aplicación	Resultado	Valor por año (en dólares EE.UU.)	Observaciones
Fitotecnia por mutaciones			
⇒ Arroz ◆ Tailandia	Exportado por Tailandia	1989-98 16 900 millones	
⇒ Algodón ◆ Pakistán	Cultivo de mayor rendimiento		Aportó más de 3000 millones de dólares a la producción de algodón
Técnica de los insectos estériles			
⇒ Mosca mediterránea de la fruta	Cítricos y uvas	1 500 millones	Las estimaciones estadounidenses abarcan la reducción de ostos
⇒ Mosca mediterránea de la fruta	Exportaciones de Chile	33 millones al año	
⇒ Gusano barrenador	Erradicación al norte de El Salvador	1 270 millones	
⇒ Mosca del melón	Okinawa	30 millones al año	No incluye la reducción de los costos, la reducción de plaguicidas, etc
Irradiación de alimentos			
⇒ Especies	Mercado estadounidense (minorista)	>2000 millones (estimación)	La irradiación muy localizada puede reducir el uso generalizado de antibióticos o la descarga de fumigantes
⇒ Carne	carne molida estadounidense (minorista)	≤500 millones (estimación)	

Fuente: Informes al OIEA; Journal of Nuclear Science & Technology (2002); Crop Variety Improvement and its Effect on Productivity (2003).

gación y desarrollo en sus Laboratorios de Seibersdorf a fin de desarrollar la TIE para combatir el paludismo mediante la eliminación de los mosquitos en toda la zona. Todavía queda mucho por avanzar en los métodos de cría y la selección del sexo. Se prevé realizar ensayos sobre el terreno en el estado septentrional del Sudán y la Isla Reunión (Francia).

Otra tecnología —la irradiación de alimentos— posee la capacidad potencial de reemplazar a la fumigación química para combatir

seguro. Así y todo, la aceptación del público varía considerablemente, y muchos países europeos restringen su uso a las especias. Las preocupaciones en torno a la salud y la seguridad suscitan mayor interés. Por ejemplo, la irradiación, que ofrece una forma excepcional de cumplir los requisitos de la higiene microbiana, podría ayudar a satisfacer las estrictas reglamentaciones relativas a los gérmenes de la *Salmonella* en la carne molida destinada a la alimentación escolar.

las plagas en el comercio internacional y se usa cada vez más para tratar alimentos aptos para el consumo, como la carne molida o las especias. Por ejemplo, las estimaciones para los Estados Unidos muestran que menos del 5% de la carne molida se somete a la irradiación, pero se trata de un mercado total de 4000 millones de kilogramos. El Codex Alimentarius FAO/OMS, órgano internacional de seguridad alimentaria, ha declarado que la irradiación de alimentos es un método

Industria



Principales herramientas del comercio

En la producción de manufacturas y en otras industrias, un paso nuclear clave quizás solo haga un pequeño aporte a un producto final independiente. Por ejemplo, en el Japón casi todos los neumáticos radiales, con un valor comercial de 9000 millones de dólares al año, se someten a radiaciones para optimizar la radioreticulación de las moléculas de caucho. El mercado mundial es de unos 35,000 millones de dólares.

En la actualidad, en la industria suele utilizarse un amplio y diverso conjunto de aplicaciones nucleares, como los instrumentos de medición física, los medidores de humedad y densidad, los instrumentos para la diagráfia de pozos de petróleo y los detectores de humo; el tratamiento por irradiación, por ejemplo, la esterilización de suministros médicos, y el curado de plástico y caucho; y el uso de trazadores radiactivos para verificar el com-

APLICACIONES INDUSTRIALES SELECCIONADAS

Aplicación	Resultado	Valor (en dólares EE.UU.)
Haces de electrones	◆ Radiación para curado de neumáticos	3 500 millones en el mercado mundial incluidos 9000 millones en el Japón, y 13 000 millones en los Estados Unidos
	◆ Esterilización de productos	7000 millones, Japón, Estados Unidos
	◆ Revestimientos/tintas	1 500 millones
	◆ Purificación de gases de combustión	Plantas en Polonia, el Japón y otros países
Tratamiento por irradiación	◆ 180 irradiadores gamma	Plantas de esterilización de productos médicos, alimentos
Ensayos no destructivos	◆ Control de calidad, seguridad en la fabricación. Industrias automotriz, aérea, ferroviaria, petrolera, electrónica	Utilización generalizada de ensayos no destructivos
Isótopos estables	◆ 30 millones de dólares al año	

Fuentes: OIEA; OECD

portamiento y optimizar los procesos en una amplia diversidad de instalaciones industriales. En todo el mundo, las aplicaciones nucleares en la industria tienen un volumen de transacciones en el mercado que se estima en más de 40 000 millones de dólares al año.

Aunque los aportes nucleares iniciales tal vez tengan un valor relativamente bajo en dólares, suelen contribuir de manera indispensable a actividades sociales y económicas mucho más amplias.

Recursos hídricos



En la actualidad, más de mil millones de personas carecen de acceso a un abastecimiento permanente de agua no contaminada. En la Declaración del Milenio se decidió, para el año 2015, “reducir a la mitad el porcentaje de personas que carezcan de acceso a agua potable o que no puedan costearlo” y detener la explotación no sostenible de las aguas subterráneas. La aplicación de técnicas nucleares en la hidrología isotópica desempeñan una importante función para resolver este problema. Las muestras de agua tienen huellas isotópicas específicas que revelan la edad, el origen y las condiciones climáticas. Las técnicas nucleares se han convertido en una herramienta básica para

comprender y ordenar los recursos hídricos de manera sostenible. Los suministros de agua, ya de por sí escasos, se tornarán más preciados debido al aumento cada vez mayor de las exigencias de las labores de desarrollo y agrícolas, que son con creces los mayores consumidores (consumen el 70% de todas las tomas de agua a partir de ríos, lagos y acuíferos). En Bangladesh, los estudios isotópicos han permitido conocer mejor los recursos hídricos disponibles y han contribuido también a comprender cómo el arsénico entra en el nivel freático. A un costo de unos 50 000 dólares, esos estudios han ayudado a definir cómo se utiliza una inversión mucho mayor, de más de 50 millones de dólares.

El efecto puede ser enorme. Es más, decenas de millones de personas de Bangladesh y países vecinos, intoxicadas con el arsénico que contamina el actual sistema de abastecimiento de aguas subterráneas, tienen que encontrar una opción sostenible. Ahora bien, es difícil medir el efecto. A falta de técnicas nucleares, se utilizarían otros métodos, aunque no permitan lograr una comprensión tan cabal de los complejos sistemas hídricos. Todavía no se han obtenido plenamente los resultados deseados.

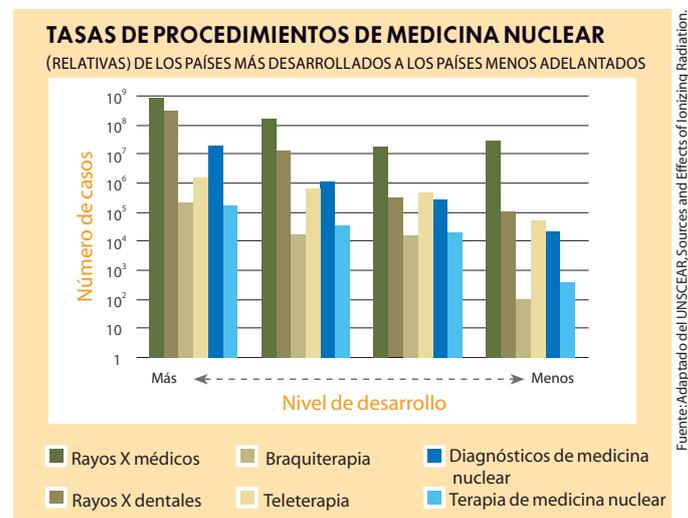
Salud



Las aplicaciones nucleares en la medicina satisfacen múltiples aspectos de la atención a la salud en nuestros tiempos, pues contribuyen significativamente a la prevención, el diagnóstico y la cura.

En el campo de la radiografía, se ha avanzado muchísimo. Desde la visualización de los huesos de la Sra. Roentgen hasta la radiología moderna en estomatología y ortopedia, los rayos X han constituido una forma barata y no invasiva para comprender los procesos patológicos y orientar un tratamiento eficaz. Hoy, las aplicaciones de las imágenes obtenidas por métodos nucleares van desde el equipo dental de rayos X, relativamente poco costoso, hasta los emplazamientos con aceleradores propios para producir radioisótopos destinados a exploraciones mediante tomografía por emisión de positrones (PET). Las inversiones en soporte físico (hardware) pueden oscilar desde unas cuantas decenas de miles de dólares para un equipo de rayos X hasta millones de dólares para sistemas ultramodernos de obtención de imágenes por métodos nucleares. Los rayos X se utilizan en casi todas partes para la obtención de imágenes, y anualmente se realizan más de 2000 millones de procedimientos. Siete de cada 10 estadounidenses se hicieron radiografías con fines diagnósticos en 2002. El uso de algunas técnicas de obtención de imágenes,

como la PET, ha aumentado rápidamente en los últimos años, y en 2002 se utilizaron en 375 centros en todo el mundo con una inversión en equipo por valor de más de 500 millones de dólares. La radioterapia se utiliza ampliamente para tratar el cáncer, y en el mundo existen más de 5000 centros de tratamiento donde se atiende a millones de pacientes anualmente. Por otra parte, la terapia protónica solo se utiliza en 22 centros de 11 países y, hasta la fecha, unos 40 000 pacientes han recibido tratamiento. Los marcados radiactivos utilizados en la investigación biomédica son imprescindibles para avanzar en la genómica y la proteómica. Los médicos también recurren a fármacos marcados con radioisótopos, singularmente capaces de acertar en órganos específicos, tanto para la obtención de imágenes como para el tratamiento. Se estima que se administraron radioisótopos médicos a la tercera parte de los 31,7 millones de pacientes ingresados en hospitales de los Estados Unidos en 2000.



Aunque el mercado estadounidense de radioisótopos médicos se encuentra en el orden de los 100 millones de dólares, su mercado de radiofármacos es de unos mil millones de dólares, y se calcula que el costo anual de todos los procedimientos oscila entre 8000 y 10 000 millones de dólares. Como muestra el gráfico de la página anterior, existe una marcada diferencia entre los países adelantados y los menos desarrollados, donde el potencial del campo nuclear en la medicina está prácticamente inexplorado. El Organismo trabaja para ayudar a aprovechar este potencial, en especial en el tratamiento del cáncer, cuyo notable aumento en todo el mundo en desarrollo agota los ya limitados recursos y el equipo

Marcos para la evaluación

Al observar estas breves informaciones, es necesario tener en cuenta la importancia de los marcos en que se producen. Al nivel internacional, el Tratado sobre la no proliferación nuclear, la Convención sobre la protección física de los materiales nucleares, la Convención sobre Seguridad Nuclear y otros instrumentos establecen las normas básicas. Con todo, la seguridad nuclear, la seguridad y la protección radiológica y la gestión de las leyes, normas y reglamentaciones, siguen siendo prerrogativas esencialmente nacionales. Para que la economía nuclear sea sostenible es indispensable crear y mantener una correcta infraestructura de seguridad funcional y física en la esfera nuclear a escala internacional y nacional. Ahora bien, muchas aplicaciones o beneficios socioeconómicos se derivan de aplicaciones nucleares que no entrañan radiaciones ionizantes, por lo que se excluyen del control regulador en materia nuclear. Como importantes ejemplos cabe mencionar los isótopos estables en los recursos hídricos y en la nutrición, así como los ensayos biomédicos y las variedades de cultivos mejoradas. En esas esferas, es preciso tener debidamente en cuenta a la infraestructura no nuclear necesaria para aplicar con amplitud técnicas de punta y cumplir los requisitos especializados de un mundo cada vez más globalizado, como en el caso de la distribución de alimentos. A la medida en que aumente la comprensión del posible efecto negativo de los métodos no nucleares para la producción y la distribución de alimentos y energía, será preciso prestar mayor atención a las esferas en que las ciencias y aplicaciones nucleares pueden proporcionar opciones eficaces y de bajo riesgo.

En esta fase de la evolución de los “átomos para la paz”, cabe destacar algunos aspectos, mientras tratamos de evaluar mejor la forma en que la ciencia y la tecnología nucleares con fines pacíficos contribuyen al medio ambiente y al desarrollo mundial que compartimos.

✓ A los niveles nacional y regional, las ciencias y aplicaciones nucleares siguen siendo una disciplina básica para los círculos académicos y la industria en el camino hacia una sociedad tecnológicamente avanzada.

✓ Todos los países aprovechan las aplicaciones nucleares, especialmente para la atención a la salud. Si bien la utilización aumenta de manera notable con el desarrollo social, tecnológico y económico nacional, se pueden obtener beneficios socioeconómicos significativos en todos los niveles de desarrollo.

✓ Para aprovechar mejor esos beneficios, las contribuciones tienen que integrarse adecuadamente en importantes actividades económicas, como la agricultura, la

de que disponen. Todo el mundo en desarrollo cuenta solamente con unos 2200 aparatos de radioterapia, mientras que pudieran necesitarse unos 5000 para ayudar a los pacientes a combatir el cáncer. Los expertos vaticinan una crisis a largo plazo en la lucha contra el cáncer, pues se estima que cada año cinco millones de nuevos pacientes requerirán radioterapia. Para el OIEA reviste cada vez más importancia proporcionar equipo y adiestramiento esenciales al personal a fin de que pueda brindar tratamiento seguro a los pacientes de cáncer del mundo en desarrollo. Al menos el 50% de las víctimas de cáncer se pueden beneficiar de la radioterapia que destruye los tumores cancerosos.

salud y la energía. Se requieren evaluaciones precisas de sus costos, beneficios y riesgos.

✓ La competencia abierta basada en evaluaciones comparativas ha demostrado que las ciencias y aplicaciones nucleares suelen ser la mejor herramienta, y algunas veces la única opción. Se requiere una evaluación permanente para asegurar que las esferas en las que merece la pena utilizar el átomo puedan beneficiarse de las aplicaciones nucleares.

✓ Los países desarrollados y en desarrollo han obtenido grandes beneficios. Las inversiones en la infraestructura técnica y política necesaria pueden recuperarse relativamente rápido, aun cuando algunos aspectos tal vez requieran muchos años para madurar.

✓ Especialmente en las esferas que no están controladas por la industria privada, un importante mandato del OIEA sigue siendo la transferencia de capacidades humanas, reguladoras, técnicas y científicas en materia nuclear, en las esferas de la alimentación y la agricultura, la salud y el medio ambiente.

✓ El cálculo o la estimación numérica de las aplicaciones nucleares a escala mundial son propensos a muchas incertidumbres. La producción de electricidad, la medicina, la industria, la alimentación y la agricultura dependen extraordinariamente de la energía del átomo. Todas las aplicaciones en conjunto podrían ascender varios puntos porcentuales del PIB de países altamente desarrollados.

✓ El OIEA sigue trabajando en la selección, la evaluación, la facilitación y la transferencia de las ciencias y aplicaciones nucleares a todos los Estados Miembros. Las experiencias de las economías más ricas demuestran que sigue habiendo un gran potencial que, de explotarse, permitiría que las ciencias y aplicaciones nucleares contribuyeran significativamente a satisfacer necesidades básicas en todo el mundo.

✓ Evidentemente, aún resta mucho por hacer para lograr que *todas* las herramientas de la ciencia y la tecnología se incorporen en la lucha contra la pobreza y por la consecución del desarrollo sostenible. Las aplicaciones nucleares han mostrado que pueden contribuir positivamente al logro de esos objetivos. Comprenderlos mejor y compartir las experiencias y las lecciones extraídas será un importante componente del progreso del mañana.

Werner Bukart es Director General Adjunto y Jefe del Departamento de Ciencias y Aplicaciones Nucleares, del OIEA. Michael Rosenthal es oficial superior del Departamento. Correo electrónico: W.Burkart@iaea.org; M.Rosenthal@iaea.org