

ÁTOMOS PARA LA PAZ Y EL DESARROLLO

Edición especial del Boletín del OIEA sobre los usos pacíficos de la tecnología nuclear

Marzo de 2015 • www.iaea.org/bulletin

Salud



Alimentación y agricultura



Medio ambiente



Agua



Energía



Cultura

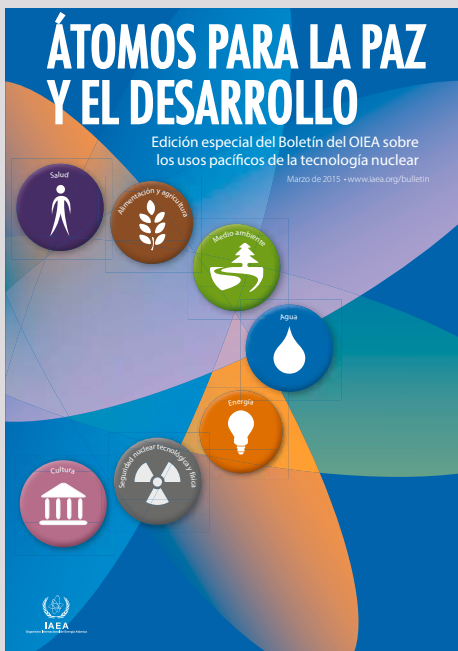


Seguridad nuclear tecnológica y física



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica



EL BOLETÍN DEL OIEA

es elaborado por la

Oficina de Información al Público y Comunicación (OPIC)

Organismo Internacional de Energía Atómica

PO Box 100, 1400 Viena, Austria

Teléfono: (43-1) 2600-21270

Fax: (43-1) 2600-29610

iaeabulletin@iaea.org

Editor: Miklos Gaspar

Director editorial: Aabha Dixit

Editor colaborador: Nicole Jawerth

Diseño y producción: Ritu Kenn

EL BOLETÍN DEL OIEA está disponible

› en línea, en el sitio www.iaea.org/bulletin

› como aplicación móvil, en el sitio

www.iaea.org/bulletinapp

Podrá reproducirse libremente parte del material del OIEA contenido en el Boletín del OIEA siempre que se reconozca su fuente. Si en la atribución de un artículo se indica que el autor no es funcionario del OIEA, deberá solicitarse permiso para volver a publicar el material al autor o a la organización de origen, salvo cuando se trate de una reseña.

Las opiniones expresadas en cualesquiera de los artículos firmados que figuran en el Boletín del OIEA no representan necesariamente las del Organismo Internacional de Energía Atómica y el OIEA declina toda responsabilidad por ellas

Portada:

A través de la asistencia del OIEA, los usos pacíficos de las técnicas nucleares se hacen realidad en diversas esferas, como la salud humana, la alimentación y la agricultura, el medio ambiente, el agua, la energía, la seguridad nuclear tecnológica y física y la conservación de artefactos culturales.

(Diseño: Ritu Kenn)

Léa este número en su iPad



La misión del Organismo Internacional de Energía Atómica es evitar la propagación de las armas nucleares y ayudar a todos los países, especialmente en el mundo en desarrollo, a sacar provecho de los usos pacíficos y tecnológica y físicamente seguros de la ciencia y la tecnología nucleares.

El OIEA, establecido en 1957 como organización independiente de las Naciones Unidas, es la única organización del sistema de las Naciones Unidas que cuenta con conocimientos especializados en materia de tecnologías nucleares. El OIEA tiene laboratorios especializados de características singulares, que ayudan a transferir conocimientos y competencias técnicas a sus Estados Miembros en esferas tales como la salud humana, la alimentación, los recursos hídricos y el medio ambiente.

El OIEA es también la plataforma mundial para el fortalecimiento de la seguridad física nuclear. El OIEA ha creado la Colección de Seguridad Física Nuclear, integrada por publicaciones donde se proporcionan orientaciones sobre seguridad física nuclear aprobadas por consenso internacional. Su labor se centra igualmente en ayudar a reducir al mínimo el riesgo de que los materiales nucleares y otros materiales radiactivos caigan en manos de terroristas o de que las instalaciones nucleares sean objeto de actos dolosos.

Las normas de seguridad del OIEA proporcionan un sistema de principios fundamentales de seguridad y reflejan un consenso internacional sobre lo que representa un alto grado de seguridad para proteger a la población y el medio ambiente contra los efectos nocivos de la radiación ionizante. Estas normas se han elaborado en relación con todos los tipos de instalaciones y actividades nucleares destinadas a fines pacíficos, así como con las medidas protectoras encaminadas a reducir los riesgos radiológicos existentes.

El OIEA también verifica, mediante su sistema de inspecciones, que, conforme a los compromisos que han contraído en virtud del Tratado sobre la No Proliferación de las Armas Nucleares y de otros acuerdos de no proliferación, los Estados Miembros utilicen los materiales e instalaciones nucleares para fines pacíficos exclusivamente.

Su labor es multifacética y se lleva a cabo con la participación de una gran variedad de asociados en los planos nacional, regional e internacional. Los programas y presupuestos del OIEA se establecen mediante decisiones de sus órganos rectores: la Junta de Gobernadores, compuesta por 35 miembros, y la Conferencia General, que reúne a todos los Estados Miembros.

El OIEA tiene su sede en el Centro Internacional de Viena. También cuenta con oficinas sobre el terreno y de enlace en Ginebra, Nueva York, Tokio y Toronto. Además, tiene laboratorios científicos en Mónaco, Seibersdorf y Viena. Por otra parte, presta apoyo y proporciona recursos financieros al Centro Internacional de Física Teórica "Abdus Salam", en Trieste (Italia).

Átomos para la paz y el desarrollo: contribuir al progreso mundial mediante la ciencia y la tecnología nucleares

Por Yukiya Amano, Director General del OIEA

Obtención de cosechas de nuevas variedades de cultivos, la reducción de la erosión del suelo y la ayuda a los países de África en la respuesta a la enfermedad por el virus del Ébola son solo algunas de las esferas en las que el OIEA ayuda a los Estados Miembros para que se beneficien de la tecnología nuclear. Para el OIEA, prestar asistencia a los países en el uso seguro de las técnicas nucleares para el desarrollo es tan importante como su labor de no proliferación. Para muchos países en desarrollo, es lo más importante que hacemos.

Nuestro mandato se resumió en el lema “*Átomos para la paz*”. Actualmente, considero que nuestro mandato se explicaría mejor con el lema “*Átomos para la paz y el desarrollo*”.

Este año marca un hito para el desarrollo mundial en la medida en que la comunidad internacional hace balance de los avances realizados hacia la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio y la finalización de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para el período posterior a 2015. Los líderes mundiales han llamado a la adopción de una ambiciosa agenda para el desarrollo después de 2015 que ofrezca un plan a largo plazo para mejorar las vidas de las personas y proteger el planeta para las generaciones futuras.

La ciencia y la tecnología son fundamentales para el desarrollo. Es necesario que se reconozcan como importantes propiciadoras de la agenda para el desarrollo después de 2015. La ciencia y la tecnología nucleares, en particular, pueden hacer una enorme aportación. El OIEA desempeña un papel único en la puesta a disposición de la ciencia y la tecnología nucleares para mejorar las vidas de las personas en todo el mundo. Vengo trabajando arduamente para que se reconozca más la importante función del OIEA en esta esfera.

Uno de los aspectos más gratificantes de mi trabajo como Director General del OIEA es poder conocer a personas cuyas vidas han cambiado para bien gracias a nuestra labor. En la presente publicación ilustramos las repercusiones de la labor del OIEA a través de 16 ejemplos que abarcan la amplia gama de nuestras actividades.

Leerán acerca de un agricultor mauriciano que ahora puede cosechar cultivos comerciales de alta calidad; un pastor

de ganado senegalés cuyas vacas están más sanas de lo que habían estado nunca; un facultativo médico guatemalteco que ahora puede diagnosticar casos de malnutrición y recomendar tratamientos para niños a temprana edad, y un sacerdote rumano que salvó el hermoso iconostasio de su iglesia de ser destruido por insectos. Todo ello fue posible gracias a la aplicación de la ciencia y la tecnología nucleares para resolver problemas cotidianos.

El OIEA también presta apoyo a actividades relacionadas con programas nucleoeeléctricos. Prestamos asistencia a los Estados Miembros que estudian la posibilidad de añadir la energía nucleoeeléctrica a su canasta de energía a fin de que puedan utilizarla de forma eficiente y segura. Nuestra labor en esta esfera se ilustra mediante artículos sobre la extracción sostenible de uranio en Tanzania, el desarrollo de infraestructura nucleoeeléctrica en Turquía, la manipulación segura de desechos radiactivos en Marruecos y la mejora de la seguridad física nuclear en Kazajstán mediante la conversión de un reactor de investigación.

El número de Estados Miembros del OIEA sigue creciendo y la demanda de nuestros servicios en todas las esferas de las ciencias y las aplicaciones nucleares aumenta constantemente. La Iniciativa sobre los Usos Pacíficos del OIEA ha sido un mecanismo eficaz para obtener recursos adicionales que permitan al OIEA satisfacer esta creciente demanda. Espero poder proseguir con esta valiosa iniciativa en el futuro.

Confío en que esta publicación les aportará una valiosa perspectiva de la labor tan particular que desempeña esta organización única en su género.



“Nuestro mandato se resumió en el lema ‘Átomos para la paz’. Actualmente, considero que nuestro mandato se explicaría mejor con el lema ‘Átomos para la paz y el desarrollo’.”

— Yukiya Amano,
Director General del OIEA



Salud



6 Una atención del cáncer más cercana: Mauritania abre su primer centro de medicina nuclear



8 Alimentarse mejor: la labor de Guatemala para controlar la doble carga de la malnutrición



10 Sudáfrica mejora la supervisión de la lactancia materna exclusiva utilizando una técnica nuclear



12 Garantizar la calidad actuando a nivel local: el OIEA ayuda a Cuba a producir radiofármacos

Alimentación y agricultura



14 Un terreno estable: técnicas nucleares para frenar la erosión del suelo en Viet Nam



16 La erradicación de la mosca tsetse: el Senegal se acerca a una primera victoria



18 Sembrar las semillas del cambio: el fitomejoramiento por mutaciones ayuda a Bangladesh a alimentar a su población creciente

Medio ambiente



20 Respirando mejor: Indonesia trabaja por un aire más limpio



22 Pescando respuestas: Sri Lanka demuestra que la radiactividad no es un problema en sus aguas costeras

Agua



24 Pequeñas gotas, gran cosecha: riego por goteo para aumentar el rendimiento de los cultivos y conservar el agua



26 No se ve, pero lo tienen presente: el Brasil y sus vecinos trabajan juntos para proteger uno de los reservorios de agua subterránea más grandes del mundo

Energía



28 Las medidas de protección del agua y la participación de la comunidad hacen más sostenible la extracción de uranio en Tanzania



30 Para la utilización tecnológica y físicamente segura de la energía nuclear en Turquía

Seguridad nuclear tecnológica y física



32 Más vale prevenir que curar: aumentar la seguridad de la gestión de los desechos radiactivos



34 Conversión gradual de los reactores de investigación para lograr un mundo más seguro

Cultura



36 La protección del patrimonio cultural de Rumania mediante la tecnología nuclear

1 Átomos para la paz y el desarrollo: contribuir al progreso mundial mediante la ciencia y la tecnología nucleares

4 Los usos pacíficos de la ciencia y la tecnología nucleares al servicio de la paz y el desarrollo

38 Iniciativa sobre los Usos Pacíficos: reseña de distintos proyectos actuales y futuros

Los usos pacíficos de la ciencia y la tecnología nucleares al servicio de la paz y el desarrollo

La ciencia y la tecnología nucleares pueden ayudar a encontrar soluciones a muchos de los problemas cotidianos que afrontan las personas en todo el mundo. Cuando se utilizan de forma tecnológica y físicamente segura, la ciencia y la tecnología nucleares son complementos eficaces u ofrecen alternativas a los enfoques tradicionales, por lo que constituyen una parte importante de la labor de la comunidad internacional en materia de desarrollo. En el marco de su contribución a los objetivos mundiales, el OIEA persigue las metas internacionales de paz, salud y prosperidad prestando asistencia a los países para la adopción de instrumentos nucleares destinados a una amplia gama de aplicaciones pacíficas.

En el contexto de las tendencias y el desarrollo mundiales, los servicios del OIEA —algunos de los cuales son claramente visibles en el escenario mundial, mientras que otros se prestan de forma más discreta— apuntalan los esfuerzos colectivos para el uso tecnológica y físicamente seguro y pacífico de la ciencia y la tecnología nucleares. Estos servicios se suministran con el apoyo de los laboratorios especializados del OIEA en Seibersdorf (Austria) y en Mónaco, así como de programas especializados, redes y actividades de colaboración con asociados. Mediante la asistencia del OIEA, las técnicas nucleares se utilizan en diversas esferas, como la salud humana, la alimentación y la agricultura, el medio ambiente, el agua, la energía, la seguridad nuclear tecnológica y física, y la conservación de artefactos.

Salud humana

La salud es de suma importancia para la vida de las personas y para lograr el desarrollo sostenible. Para las familias de bajos ingresos, una salud precaria puede reforzar los ciclos de pobreza. Con miras a aumentar el acceso a la atención sanitaria, el OIEA y sus laboratorios especializados apoyan a los Estados Miembros del OIEA, en particular a los países de ingresos medianos y bajos, prestándoles asistencia en forma de suministro de equipos, orientación de expertos y capacitación, e intercambio de conocimientos, con el fin de brindar ayuda en el uso de las técnicas nucleares para el diagnóstico, el tratamiento y el control del cáncer, las enfermedades cardiovasculares y otras enfermedades no transmisibles. En esta labor también se ha de garantizar el uso y la gestión tecnológica y físicamente seguros de las fuentes radiactivas, como las que se utilizan en las máquinas de radioterapia y para la esterilización de instrumentos médicos, así como la producción, la disponibilidad y el uso seguros desde el punto de vista tecnológico y físico de radiofármacos —medicamentos que contienen sustancias radiactivas— empleados en la medicina nuclear y la radioterapia.

La buena salud también depende de una nutrición apropiada y de un acceso adecuado a los alimentos. Las técnicas nucleares pueden aplicarse para vigilar y abordar de manera sostenible la malnutrición, desde la desnutrición grave hasta la obesidad, así como para ejecutar programas de lactancia materna orientados a mejorar la nutrición y la salud desde los primeros días de vida. El OIEA ayuda a muchos países impartiendo capacitación y suministrando los equipos necesarios para llevar a cabo estos proyectos relacionados con la nutrición.

Alimentación y agricultura

Varios países, en particular los que dependen en gran medida de la agricultura para la alimentación y los medios de subsistencia, están recurriendo a las técnicas nucleares para mejorar la productividad agrícola, la seguridad alimentaria y la inocuidad de los alimentos. Los proyectos y programas del OIEA ayudan a proporcionar importantes equipos y orientación de expertos, así como tecnología y capacitación de los laboratorios especializados del OIEA y sus organizaciones asociadas, como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). A través de esta ayuda, las técnicas nucleares pueden utilizarse de forma segura y adecuada en esferas tales como la producción de variedades mejoradas de cultivos y plantas, incluidas las variedades enriquecidas con vitaminas o minerales; el control de las plagas y enfermedades animales y vegetales; la mejora de la inocuidad de los alimentos; la mejora de la reproducción y nutrición pecuarias, y el fortalecimiento de la gestión de suelos y aguas.

Medio ambiente

El desarrollo de la alimentación y la agricultura se ve afectado a menudo por condiciones medioambientales adversas. Este factor puede plantear graves desafíos para muchos países, en particular los países de ingresos medianos y bajos cuyas economías dependen de la agricultura. Con el apoyo del OIEA, muchos países hacen uso de instrumentos nucleares e isotópicos para investigar y abordar las cuestiones relacionadas con el medio ambiente. Pueden evaluar los efectos del cambio climático, vigilar la contaminación y sus tendencias, y gestionar sus repercusiones.

Agua

El acceso a fuentes de agua potable es crucial para apoyar a las poblaciones en crecimiento, acelerar el desarrollo económico y satisfacer las demandas de los estilos de vida cambiantes. La calidad del agua de los océanos no solo incide en la vida marina, sino que también afecta a la de las personas que dependen del mar para subsistir. Muchos países

han solicitado la asistencia del OIEA en el uso de las técnicas nucleares e isotópicas para mejorar sus conocimientos sobre el agua a efectos de su gestión sostenible y su protección en el futuro.

Energía nuclear

Ante el cambio climático y la creciente demanda de electricidad, actualmente algunos países están evaluando la posibilidad de incluir la energía nucleoelectrica en su canasta de energía, o tienen previsto hacerlo. Acuden al OIEA en busca de apoyo para incluirla de modo tecnológica y físicamente seguro, económico y sostenible. El OIEA presta asistencia a esos países en esa tarea de conformidad con las normas de seguridad tecnológica y física internacionalmente reconocidas, las mejores prácticas y las obligaciones jurídicas pertinentes, incluidas las obligaciones correspondientes de no proliferación nuclear respectivas.

Seguridad nuclear tecnológica y física

La asistencia del OIEA también facilita el transporte, la manipulación y el uso en condiciones de seguridad tecnológica y física de materiales radiactivos en las tecnologías del ciclo del combustible, así como de fuentes radiactivas destinadas a la producción de energía y otros fines relacionados con la radiación. En el marco de esta ayuda también se facilita la extracción adecuada y sostenible de elementos químicos esenciales para la producción de energía nuclear, así como la clausura y gestión eficaces de

las instalaciones nucleares, los desechos radiactivos y el combustible gastado de principio a fin.

En cada proyecto, programa y servicio del OIEA subyace una base de seguridad tecnológica y física que se rige por las normas internacionales de seguridad tecnológica y física. El OIEA presta a los Estados Miembros la asistencia que necesitan cuando comienzan a utilizar la ciencia y la tecnología nucleares, por medio de sus servicios de examen, y facilita capacitación a medida y especializada, así como ejercicios de preparación para emergencias. Una de las características fundamentales de los servicios que el OIEA pone a disposición de los Estados Miembros consiste en asegurar que estos usos sigan siendo pacíficos y se gestionen adecuadamente para proteger a las personas y el medio ambiente, obteniendo al mismo tiempo todos los beneficios que ofrecen estos instrumentos.

¿Qué es la Iniciativa sobre los Usos Pacíficos?

La Iniciativa sobre los Usos Pacíficos del OIEA, iniciada en 2010, se ha convertido en un medio decisivo para recaudar contribuciones extrapresupuestarias que complementen el Fondo de Cooperación Técnica en apoyo de proyectos de cooperación técnica y otros proyectos del OIEA sin financiación en la esfera de la aplicación de la tecnología nuclear con fines pacíficos. Los recursos adicionales proporcionados a través de la Iniciativa han servido para mejorar la capacidad del OIEA de atender sus prioridades y responsabilidades estatutarias y satisfacer las necesidades de los Estados Miembros. Las contribuciones extrapresupuestarias realizadas a través de la Iniciativa se han utilizado para apoyar una gran variedad de actividades del OIEA destinadas a promover amplios objetivos de desarrollo en los Estados Miembros, por ejemplo, en las esferas de la seguridad alimentaria, la gestión de los recursos hídricos, la

salud humana, el desarrollo de infraestructuras nucleares y la seguridad nuclear, que de otro modo habrían quedado sin financiación en muchos casos.

La Iniciativa también ha permitido al OIEA responder con mayor flexibilidad y rapidez a las prioridades cambiantes de los Estados Miembros, así como a las necesidades inesperadas o casos de emergencia imprevisto, como ha quedado demostrado tras el accidente de Fukushima Daiichi y el brote de la enfermedad por el virus del Ébola en los Estados de África Occidental. Hasta la fecha, la Iniciativa ha ayudado a recaudar más de 60 millones de euros en forma de contribuciones financieras procedentes de 13 Estados Miembros y la Comisión Europea, en apoyo de más de 170 proyectos que benefician a más de 130 Estados Miembros.

Una atención del cáncer más cercana: Mauritania abre su primer centro de medicina nuclear

por Omar Yusuf

La apertura a finales de 2014 del primer centro de medicina nuclear de la República Islámica de Mauritania, creado con el apoyo del OIEA, se traducirá en un mejor acceso a diagnósticos y tratamientos modernos, así como en unos costos menos elevados. La nueva instalación forma parte del Centro Nacional de Oncología, que se inauguró en 2010 con el apoyo del OIEA. Los centros ofrecen servicios integrales de diagnóstico, tratamiento y manejo del cáncer y de otras enfermedades en Mauritania y la región circundante.



Miembros del personal del Centro Nacional de Oncología de Mauritania, creado con el apoyo del OIEA.

(Fotografía: O.Yusuf/OIEA)

En apenas unos años, el país ha avanzado considerablemente en la esfera del manejo del cáncer, dice Moustapha Mounah, Director del Centro Nacional de Oncología. “Tuvimos que afrontar enormes retos. Carecíamos de la infraestructura, los equipos y los recursos humanos necesarios para tratar a nuestros pacientes”, señala. “Ahora, después de cuatro años, Mauritania está en condiciones de prestar servicios de radioterapia y medicina nuclear con equipos muy sofisticados, y manipulados por mauritanos”.

El acceso local ha simplificado la vida de los pacientes

“Antes de colaborar con el OIEA, no disponíamos de técnicos en radiofarmacia y enviábamos a todos nuestros pacientes con cáncer a Marruecos, Túnez u otros países. Ahora, en cambio, tratamos a prácticamente todos nuestros pacientes en el país”,

indica Abdoulaye Mamadou Wagne, técnico en radiofarmacia del Centro Nacional de Oncología.

La medicina nuclear y la radioterapia son dos esferas fundamentales de la medicina en las que se utiliza la radiación y los átomos que emiten radiación, conocidos como radionucleidos, para diagnosticar, tratar y manejar enfermedades (véase el recuadro).

La lucha contra el cáncer

Cada año mueren de cáncer 7,6 millones de personas — más que las víctimas de VIH/SIDA, tuberculosis y malaria juntas. Esta enfermedad se reconoce cada vez más como un importante problema de salud pública en toda África. La carga de morbilidad ha empeorado en la medida en que el aumento de los niveles de vida ha ocasionado cambios de estilo de vida y medioambientales, como regímenes alimenticios malsanos, contaminación e inactividad física, factores que incrementan la incidencia del cáncer.

Durante muchos años, Mauritania, uno de los 34 países menos adelantados de África, ha luchado para hacer frente a los costos financieros y humanos relacionados con el cáncer. Las neoplasias hematológicas y los tumores sólidos, por ejemplo, exigen tratamientos especializados que no existían en los hospitales mauritanos, por lo que los pacientes se veían forzados a buscar tratamiento en el extranjero. Los cánceres de cuello uterino, mama, próstata, hígado y ovario son los más comunes en el país.

Hoy ambos centros prestan servicios de radioterapia y de medicina nuclear mediante un acelerador lineal y un equipo de braquiterapia de alta tasa de dosis. En ellos trabajan más de 20 profesionales médicos formados mediante becas, cursos de capacitación y visitas de expertos del OIEA.

“Estamos muy entusiasmados por este vínculo [con el OIEA], que ha empezado a arrojar resultados sumamente positivos en muy poco tiempo”, dijo Mohamed Ould Abdel Aziz, Presidente de Mauritania, durante la inauguración de la nueva instalación en diciembre de 2014. “Por lo que respecta al tratamiento médico del cáncer, actualmente nos encontramos en una situación bastante favorable”.

Ahora el Centro Nacional de Oncología tiene previsto compartir con los países vecinos los conocimientos prácticos recientemente adquiridos, de modo que el diagnóstico y la atención del cáncer puedan mejorar en toda la región del



Sahel. “Nuestra intención es que nuestro centro se convierta en un centro de referencia y capacitación para la región”, señala Mounah. “Nos estamos convirtiendo en un centro cuya labor es integral y que está excepcionalmente bien equipado”.

La cooperación como herramienta de apoyo para la transformación del país

El OIEA viene apoyando a Mauritania desde 2004 por conducto de su programa de cooperación técnica, en cuyo marco ayuda al Gobierno a transformar el país en una nación capaz de utilizar las técnicas nucleares de modo seguro y rentable. Ahora el país utiliza tecnologías e instrumentos nucleares para combatir las plagas y las enfermedades animales, cartografiar las capas freáticas, y supervisar y medir los niveles de dosis de radiación a fin de proteger a los profesionales de la salud, la población y el medio

ambiente contra las radiaciones ionizantes. El país también está formando a ingenieros y economistas en el uso de herramientas de planificación energética y de bases de datos relacionados con la energía nuclear.

Si bien Mauritania aún tiene mucho por hacer, el país ha realizado importantes avances en pocos años, lo que ha permitido a los pacientes acceder a una mejor atención sin salir del país, un logro que sin duda alguna favorecerá la lucha contra el cáncer, indicó el Presidente Abdel Aziz. “Creemos que este vínculo tan importante para nuestro país, que también es un modelo en la subregión, seguirá evolucionando en el futuro. A la luz de estos avances, confiamos plenamente en que la situación seguirá mejorando”, señaló.

BASE CIENTÍFICA

Medicina nuclear y radioterapia

Hoy en día, el cáncer, que antes se consideraba incontrolable y mortal, puede diagnosticarse más temprano y tratarse con mayor eficacia mediante las técnicas nucleares, lo que ofrece a los pacientes una posibilidad de combatir la enfermedad y, para muchos, una importante oportunidad de curación.

La medicina nuclear utiliza ínfimas cantidades de sustancias radiactivas llamadas radioisótopos para diagnosticar y tratar algunas enfermedades. Algunos de los procedimientos se llevan a cabo fuera del cuerpo, mientras que otros, con la ayuda de radiofármacos que contienen los radioisótopos, son absorbidos por el cuerpo del paciente y dan un beneficio neto. Las pequeñas cantidades de radiación emitidas por los radioisótopos que contienen los radiofármacos pueden seguirse mediante cámaras especiales que generan imágenes de los tejidos o los órganos específicos que se están investigando. Algunas técnicas de diagnóstico por imágenes, como los rayos X, permiten obtener imágenes estáticas de diferentes partes del cuerpo, mientras que otras, como la tomografía por emisión de positrones, muestran el modo en que el cuerpo está funcionando.

La radioterapia emplea haces o fuentes de radiación para atacar y destruir las células cancerosas. Cuando la terapia se aplica a un tumor canceroso, este se reduce o, en algunos casos, desaparece por completo. Los radiofármacos también pueden utilizarse en dosis más elevadas para tratar el cáncer. La calibración cuidadosa de estas distintas técnicas terapéuticas permiten atacar las células cancerosas y al mismo tiempo reducir al mínimo la exposición de las células saludables a la radiación.



Una cámara gamma rastrea y detecta radiofármacos para producir imágenes de diagnóstico. (Fotografía: E. Estrada Lobato/OIEA)

Alimentarse mejor: la labor de Guatemala para controlar la doble carga de la malnutrición

por Aabha Dixit

Gracias a las técnicas nucleares, los científicos y los profesionales de la salud de Guatemala están ahora en condiciones de identificar las causas y consecuencias de la malnutrición en los niños del país, lo que permite a los responsables de políticas elaborar estrategias destinadas a combatir la obesidad y el retraso del crecimiento.

Guatemala tiene uno de los índices más elevados de malnutrición crónica del mundo, y combatirla es una prioridad fundamental del Gobierno, señala la antigua Ministra de Desarrollo Social Lucy Lainfiesta.

“En el marco de la propuesta del Gobierno de Guatemala para luchar contra la malnutrición crónica se hará hincapié en las posibilidades que se presentan durante los primeros 1000 días de vida, a través de intervenciones que garanticen que la madre y el niño cuenten con lo que necesitan para gozar de una buena alimentación”, señaló.



Una trabajadora de campo informa de los beneficios de una nutrición adecuada en una escuela primaria urbana de Guatemala.

(Fotografía: CIIPEC)

Los proyectos en los que se utiliza la tecnología isotópica para evaluar el estado nutricional están “empezando a tener repercusiones positivas y notables en nuestros programas de nutrición”, indica Manuel Ramírez, Coordinador del Centro de Investigación para la Prevención de las Enfermedades Crónicas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). “La ciencia y la tecnología nucleares nos han dotado de las herramientas necesarias para entender la composición del cuerpo y asociarla con los cambios fisiológicos que pueden dar lugar a enfermedades en etapas posteriores de la vida”.

La medición del agua corporal total de los niños mediante trazadores isotópicos ayuda a determinar la composición de su cuerpo y la proporción de grasa que hay en él, lo que a su vez permite a los especialistas prescribir la dieta adecuada (véase el recuadro).

El apoyo del OIEA ha permitido a Guatemala y a otros Estados Miembros disponer de la información y los datos necesarios para elaborar u optimizar sus programas de nutrición. Estos contemplan el aumento de la ingesta de vitaminas y minerales a través del enriquecimiento de los alimentos o de aportes complementarios de micronutrientes, como complemento de la promoción de una alimentación saludable, y el incremento de la actividad física.

Menos tortillas, más verduras

La carencia de proteínas y micronutrientes en los regímenes alimenticios, que se componen principalmente de alimentos con alto contenido de carbohidratos, es una de las causas más importantes de la malnutrición en Guatemala, según Ramírez. Los profesionales de la salud han observado que en las zonas rurales, los niños con edades comprendidas entre los seis meses y los tres años consumen regularmente tortillas de maíz ablandadas con bebidas que contienen cafeína. Este alimento no es beneficioso para los lactantes ni para los niños pequeños que, en lugar de ello, deberían consumir alimentos más saludables producidos localmente, como huevos, aguacates, plátanos, verduras blandas cocidas, frijoles, arroz y harina de avena. La mala alimentación durante la infancia puede dar lugar a la obesidad en etapas posteriores de la vida. Con la ayuda de las técnicas nucleares, los científicos pueden seguir la cantidad de proteína absorbida por el cuerpo y recomendar dietas en consecuencia, teniendo en cuenta la disponibilidad de los ingredientes en el lugar, explica Christine Slater, Jefa Interina de la Sección de Nutrición del OIEA.

Mientras que en las ciudades la obesidad es el principal problema de salud entre los niños, en las zonas rurales la población indígena se enfrenta principalmente al problema opuesto. Casi ocho de cada diez niños indígenas padecen retrasos del crecimiento, en comparación con los niños no indígenas, en cuyo caso la proporción es de cuatro sobre diez, señala Ramírez. Los resultados de las investigaciones más recientes han aclarado que, contrariamente a la creencia generalizada, la baja estatura de los guatemaltecos indígenas no se debe a la genética, sino que es el resultado de prácticas de alimentación inapropiadas y regímenes alimenticios deficientes durante los primeros años de vida, indicó.

El retraso del crecimiento contribuye en gran medida a la pobreza, afirma Ramírez. Los niños que sufren retrasos del

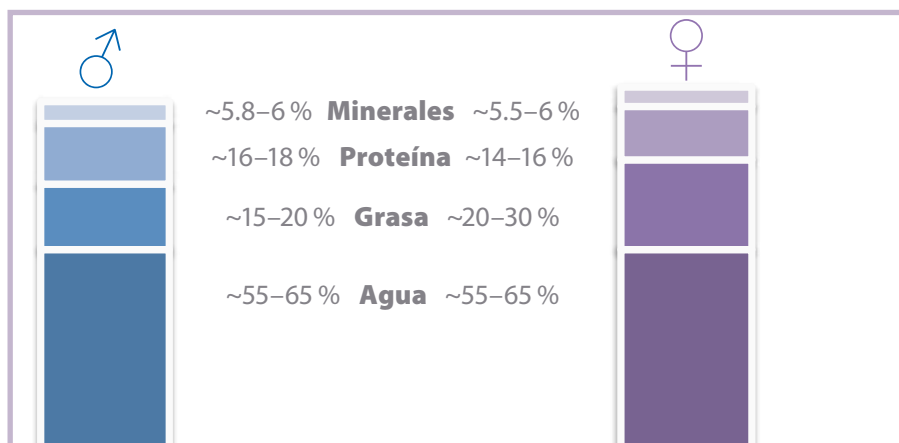


crecimiento tienen dificultades de aprendizaje, lo que les impide ganarse bien la vida más adelante. Existe la necesidad apremiante de garantizar la disponibilidad y asequibilidad de diversos regímenes alimenticios que sean nutritivos.

Los niños con retraso del crecimiento necesitan adecuar sus regímenes alimenticios, y las técnicas nucleares pueden ayudar a determinar el modo en que dichos regímenes deberían modificarse, señala Slater. “Cada vez se es más consciente de que la medición de la estatura y el peso de los niños no basta”, explica. “Tenemos que entender la composición corporal para garantizar un crecimiento saludable”.

Los niños que padecen de obesidad, retrasos del crecimiento o ambos trastornos tienden a llevar estilos de vida menos saludables y tienen más problemas de salud posteriormente en sus vidas, dice Ramírez. “Estos niños caminan menos, su consumo de oxígeno es menor y tienen una mala circulación de la sangre”.

Con la información y los datos recabados en el marco de los proyectos del OIEA, se estableció en junio de 2014 un grupo de trabajo, respaldado por ocho ministerios de Salud de América Central, a fin de trazar una política regional sobre la prevención y el control de la obesidad en los niños y adolescentes.



El agua, las proteínas, la grasa y las sustancias minerales son los principales componentes del organismo y pueden sufrir alteraciones en función de la edad, la etnicidad y la situación nutricional.

Fuente: www.jawon.com



Evaluación de la aceptabilidad de los alimentos a partir de recetas saludables para niños en edad escolar.

(Fotografía: INCAP/CIIEPC)

BASE CIENTÍFICA

El uso de isótopos para medir la composición corporal

Los isótopos estables pueden utilizarse para medir la cantidad de agua y nutrientes en el cuerpo, así como la cantidad de nutrientes ingeridos que absorbe el cuerpo de una persona. También sirven para medir la velocidad de absorción, la utilización o la síntesis de proteínas, grasas o carbohidratos. Los isótopos estables no son radiactivos, por lo que su uso no entraña ningún riesgo por radiación.

Los compuestos marcados con isótopos estables son absorbidos y se comportan en el cuerpo de la misma forma que sus contrapartes sin marcar, pero dado que su masa molecular es distinta, pueden seguirse. Por ejemplo, para medir el porcentaje de agua y grasa en el cuerpo,

una persona recibe una bebida de agua especial rica en deuterio, que es un isótopo estable del hidrógeno. Los isótopos de un elemento tienen el mismo número de protones, pero uno o varios neutrones adicionales, por lo que su masa molecular es mayor.

Unas horas después de que la persona haya bebido una cantidad pequeña y cuidadosamente medida de agua con isótopos de deuterio (D_2O), este se propaga de manera uniforme en el agua corporal. Se puede entonces extraer una muestra de esta en forma de saliva u orina y medir la cantidad de deuterio. Dado que los técnicos conocen la cantidad de agua marcada que han suministrado al paciente y han medido

la cantidad y proporción de moléculas marcadas en el agua corporal, pueden calcular la cantidad de líquido que hay en el cuerpo.

A partir de ello, pueden calcular la cantidad de tejido no adiposo habida cuenta de que el agua constituye el 73 % del peso de dicho tejido. La diferencia entre el peso corporal y la cantidad de tejido no adiposo corresponde a la cantidad de grasa. Según el grado en que el contenido graso se aparte de la norma, los técnicos pueden prescribir la dieta correspondiente o formular recomendaciones pertinentes en relación con la actividad física.

Sudáfrica mejora la supervisión de la lactancia materna exclusiva utilizando una técnica nuclear

por Sasha Henriques

Los bebés de Sudáfrica, que en otro tiempo presentaban un alto riesgo de malnutrición, enfermedades e incluso muerte, ahora tienen un futuro más esperanzador, ya que las técnicas nucleares ayudan a las madres a ser más diligentes en la práctica de la lactancia materna exclusiva durante los seis primeros meses de vida del niño.

Los niños amamantados son más resistentes a las enfermedades y las infecciones que los alimentados con fórmula infantil, señala la Organización Mundial de la Salud, que recomienda que los bebés consuman únicamente leche materna desde el nacimiento hasta los seis meses de edad. Las investigaciones indican que los bebés amamantados tienen menos probabilidades de desarrollar diabetes, enfermedades cardiovasculares o cáncer en etapas posteriores de la vida.



Madres en la clínica de Cato Manor, en Durban.

(Fotografía: H. Mulol)

“Sudáfrica tiene unas tasas muy bajas de lactancia materna exclusiva, y la mejora de las prácticas de lactancia materna para invertir los desalentadores índices de mortalidad infantil de nuestro país se ha convertido en una prioridad urgente”, afirmó Anna Coutsooudis, profesora del Departamento de Pediatría y Salud Infantil de la Universidad de KwaZulu-Natal de Sudáfrica.

Los profesionales de la salud, especialmente los de los países en desarrollo, han estado promoviendo esta idea en clínicas, centros de salud y salas de maternidad, con el objetivo de prevenir la malnutrición, las enfermedades e incluso la muerte de los niños.

Los funcionarios de salud de Sudáfrica pensaban que sus esfuerzos estaban dando frutos, porque las investigaciones (que se basaban en la información sobre la frecuencia de la

lactancia materna facilitada por las madres) revelaban un aumento significativo de las cifras. Sin embargo, el índice de mortalidad infantil no había experimentado un descenso proporcional.

En 2013 nacieron en Sudáfrica alrededor de 1,1 millones de bebés, y 33 de cada 1000 nacidos vivos acabaron muriendo en el plazo de un año, según las estadísticas oficiales del país.

Algo no iba bien.

Detector de mentiras nuclear

En 2010, investigadores de Sudáfrica, con financiación y apoyo del OIEA, empezaron a usar un método nuclear no radiactivo llamado técnica de dilución de deuterio (véase el recuadro) para obtener cifras exactas sobre cuántos bebés estaban siendo alimentados exclusivamente con leche materna y saber cuándo se estaban introduciendo alimentos complementarios en la dieta de los bebés.

Los resultados fueron alarmantes y mostraron que las estimaciones sobre la lactancia materna exclusiva facilitadas por las madres eran muy exageradas en comparación con la información, más exacta, obtenida mediante la técnica de dilución de deuterio, dijo Coutsooudis.

Gracias a la capacitación impartida y al apoyo prestado por el OIEA para adquirir el equipo necesario para utilizar esta técnica, Coutsooudis y su grupo de investigadores de la salud pudieron evaluar con más exactitud la repercusión de los programas diseñados para mejorar las bajas tasas de lactancia materna exclusiva, que eran del 6 % a los tres meses de edad y de tan solo el 1 % a los seis meses, según las estimaciones de un estudio realizado en 2008 en KwaZulu-Natal.

“En 2012 instituímos un programa de tutoría a largo plazo para las madres primerizas, que al mismo tiempo recibieron capacitación como asesoras en materia de lactancia materna. La técnica de dilución de deuterio se utilizó para validar las prácticas de lactancia materna comunicadas por las madres. Pudimos demostrar que el programa de tutoría y asesoramiento había tenido una gran repercusión en el aumento de las tasas de lactancia materna exclusiva”, explicó Coutsooudis. Al final del programa, las tasas de lactancia materna exclusiva habían aumentado considerablemente al 33,3 % a los tres meses de edad y al 13,7 % a los seis meses.



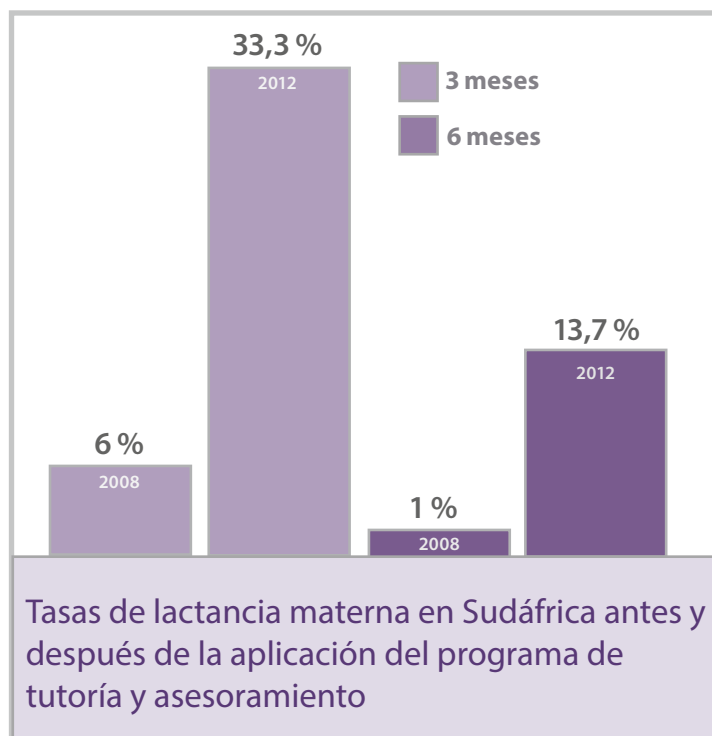
El nuevo programa de tutoría y asesoramiento ha sido tan eficaz que, según Coutsooudis, hay madres que resisten la fuerte presión externa para introducir alimentos complementarios demasiado pronto.

Estos son los testimonios de la Sra. K y la Sra. C, narrados por Coutsooudis:

“La Sra. K dijo: “Mis amigas vinieron a visitarme a casa y me preguntaron “¿qué papilla le das a tu niña para que esté tan gordita y tenga tan buen aspecto?”. Respondí: ‘No le doy papilla, solo le doy de mamar’”.

“Sus amigas no le creyeron, así que se pusieron a buscar en la alacena para ver si había alguna papilla, pero no encontraron ninguna. Ella aprovechó para explicarles de manera muy informal que todas las madres pueden producir mucha leche para alimentar a sus bebés exclusivamente con leche materna durante los seis primeros meses de vida si les dan de mamar con frecuencia (cada 2 a 3 tres horas cuando son pequeños)”.

“La Sra. C contó que fue a la clínica para su visita de vacunación y que la hermana [enfermera/trabajadora de la salud] le dijo que su bebé estaba demasiado gordo y que debía dejar de amamantarlo. Ella le contestó que a su bebé le estaba dando exclusivamente leche materna, y que era imposible sobrealimentar a un bebé amamantándolo, de modo que no iba a darle menos de comer”.



Fuente: Helen Mulol, Universidad de KwaZulu-Natal (Sudáfrica)

BASE CIENTÍFICA

Dilución de deuterio

La madre bebe agua marcada con deuterio, un isótopo del hidrógeno estable, no radiactivo (D_2O). El deuterio se mezcla con el agua en el cuerpo de la madre, incluida su leche, y entra en el bebé cuando este mama. La saliva de la madre y del bebé pasa a contener deuterio. Durante las dos semanas siguientes, los científicos toman regularmente muestras de saliva y miden el contenido de deuterio. La cantidad de deuterio que encuentran es directamente proporcional a la cantidad de leche materna que ha ingerido el bebé.

La técnica también indica si el bebé ha ingerido algo más que leche humana durante el período de realización de las pruebas.

“Se utiliza un modelo matemático para determinar la cantidad del deuterio suministrado a la madre que aparece en la saliva del bebé. Esta proporción depende de la cantidad de leche humana que haya consumido el bebé. El modelo matemático también permite estimar la cantidad de agua que procede de fuentes distintas de la leche materna, y por tanto, saber si el bebé ha sido o no amamantado exclusivamente”, explica Christine Slater, Jefa interina de la Sección de Estudios de la Nutrición y del Medio Ambiente relacionados con la Salud del OIEA.



Bebé dando una muestra de saliva en la clínica de Cato Manor, en Durban

(Fotografía: H. Mulol)

Garantizar la calidad actuando a nivel local: el OIEA ayuda a Cuba a producir radiofármacos

por Nicole Jawerth

Enfermedades como el cáncer y las afecciones cardiovasculares ahora podrán ser diagnosticadas y tratadas más fácilmente en Cuba gracias a la instalación para la producción de radiofármacos clave construida recientemente en el país. La medicina nuclear requiere un suministro constante y fiable de estos fármacos radiactivos, preparados conforme a lo que la industria conoce como buenas prácticas de manufactura (BPM), y hasta ahora ha habido limitaciones para hacerlos llegar a la nación insular.

“Gracias a nuestro trabajo con el OIEA, ahora tenemos una instalación especializada que se ajusta a las BPM y los conocimientos especializados necesarios para satisfacer la mayor parte de las necesidades del país en materia de radiofármacos de diagnóstico y terapéuticos para dar ayuda a los pacientes”, dice René Leyva Montaña, Director de Producción del Centro de Isótopos (CENTIS), el centro dedicado a la producción de radiofármacos en Cuba.



Las celdas calientes de la instalación para la producción de radiofármacos basados en Y 90 establecida recientemente se ajustan a las buenas prácticas de manufactura a fin de proteger a los trabajadores y garantizar la producción de fármacos de gran calidad.

(Fotografía: CENTIS)

Las BPM siguen una serie de normas internacionales de garantía de calidad diseñadas para proteger a los pacientes contra productos de mala calidad. Las normas establecen los requisitos necesarios para garantizar que los radiofármacos producidos sean de gran calidad, seguros y eficaces, y que tengan la potencia adecuada. “El proceso de adecuación a las BPM es exigente pero importante, pues las instalaciones

deben estar diseñadas para garantizar la calidad, ya que los productos deben prepararse de modo que queden listos para su uso en los pacientes”, señala Joao Osso, Jefe de la Sección de Productos Radioisotópicos y Tecnología de la Radiación del OIEA.

La nueva instalación construida en Cuba producirá radiofármacos basados en generadores (véase el recuadro) con itrio 90 (Y 90), un componente clave en medicina nuclear para tratar el cáncer de hígado y otras afecciones. El Y 90 se produce a partir de su isótopo padre, el estroncio 90 (Sr 90). El Sr 90 es un radioisótopo, lo que significa que es un elemento radiactivo que se desintegra en pos de alcanzar estabilidad. Conforme se va desintegrando lentamente, libera Y 90, otro radioisótopo cuyo tiempo de desintegración es mucho más corto. Utilizando dispositivos especiales llamados generadores, se puede “extraer” Y 90 del Sr 90 que hay dentro del generador. A continuación, el Y 90 es purificado rápidamente y adherido a moléculas específicas para su utilización en medicina nuclear.

“Producir generadores de Y 90 en el país es mucho más económico y viable que comprar productos ya terminados en el extranjero, porque debido a su corto tiempo de desintegración, el transporte del Y 90 es muy difícil y costoso”, dice Osso, y añade que Cuba seguirá necesitando comprar materias primas, como el Sr 90, a proveedores extranjeros.

“El OIEA ha prestado apoyo a Cuba para establecer la instalación conforme a las BPM facilitando la asistencia técnica y la capacitación necesarias para desarrollar y producir Y 90, comprendidos el marcado, el control de calidad, la metrología y la seguridad”, dice Osso. Cuba también ha recibido asistencia y fondos del OIEA para adquirir el equipo de protección y metrología analítica y radiológica, así como los materiales necesarios.

En esta etapa, el CENTIS está preparando diferentes formulaciones de Y 90 para radiofármacos de diagnóstico y terapéuticos que puedan pasar pronto a los ensayos clínicos y, después, a los pacientes”, explica Leyva Montaña. La instalación está a la espera de obtener la licencia definitiva para poder iniciar la producción a gran escala, añade Leyva Montaña.



Solucionar un problema de abastecimiento a nivel internacional

A diferencia del Y 90 y el Sr 90, que están ampliamente disponibles, el tecnecio 99m (Tc 99m), otro radioisótopo importante para Cuba y gran parte del mundo, experimenta un problema de abastecimiento a nivel internacional por causas relacionadas con la producción de su radioisótopo padre, el molibdeno 99 (Mo 99).

“El Tc 99m es el ‘caballo de batalla’ de la medicina nuclear. Más del 70 % de los estudios de medicina nuclear que se llevan a cabo en todo el mundo utilizan ese único isótopo”, explica Leyva Montaña. Los problemas mundiales de abastecimiento de Tc 99m empezaron a finales de la pasada década, debido a interrupciones de la producción de los dos reactores nucleares responsables de dos tercios del suministro mundial de Mo 99. Los problemas de estos reactores y la limitada capacidad de producción de otros países afectan la disponibilidad de los suministros, indica Osso. “La estricta normativa que regula el transporte aéreo de materiales radiactivos también crea problemas para el transporte internacional de suministros, particularmente a islas como Cuba”, añade Leyva Montaña.

“Uno de los principales problemas que podría tener Cuba como consecuencia de los problemas de abastecimiento es el aumento del precio del Mo 99. Si los precios fuesen subiendo, llegaría un momento en que no tendríamos fondos para importar toda la cantidad que se necesita, y en consecuencia, los pacientes no recibirían la asistencia que requieren”, dice Leyva Montaña. “Aunque hasta ahora los problemas de abastecimiento a nivel internacional no han tenido consecuencias importantes para Cuba, prevemos que pueden llegar a tenerlas, de modo que ya estamos trabajando en la búsqueda de soluciones para intentar mitigarlas”.

Una de las iniciativas de Cuba para mitigar los problemas de abastecimiento ha sido colaborar con el OIEA en la búsqueda de nuevos proveedores de Mo 99, así como



Cuba pronto tendrá instalaciones conformes a las buenas prácticas de manufactura capaces de producir generadores de Mo 99/Tc 99m.

(Fotografía: CENTIS)

crear instalaciones propias para producir generadores de Mo 99/Tc 99m, señala Leyva Montaña, y añade que los beneficios de esta iniciativa se extenderán a otras islas del Caribe. “El proyecto tendrá consecuencias muy positivas para Cuba, y también nos preparará para prestar a los pequeños países de la región el apoyo que necesiten”.

El papel de Cuba en los planos regional e internacional ha cambiado desde que el país empezó a colaborar con el OIEA, dice Leyva Montaña. “Antes, era Cuba la que pedía apoyo en forma de becas y capacitación de expertos, pero ahora somos nosotros los que formamos a becarios en la esfera de la producción de radiofármacos y generadores, apoyamos proyectos coordinados de investigación del OIEA y facilitamos el intercambio y la cooperación internacional con varios países”.

BASE CIENTÍFICA

Radiofármacos

Los radiofármacos son medicamentos que contienen pequeñas cantidades de sustancias radiactivas denominadas radioisótopos. Los radioisótopos son átomos que emiten radiación. Los radioisótopos empleados en los radiofármacos pueden producirse irradiando un blanco específico dentro de un reactor nuclear de investigación o en aceleradores de partículas, como los ciclotrones. Una vez producidos, los radioisótopos son adheridos a ciertas moléculas, en función de las características biológicas de estas y pasan así a ser radiofármacos.

Una vez dentro del cuerpo del paciente, las diferentes características físicas y propiedades biológicas de los radiofármacos los hacen interactuar con distintas proteínas

o receptores, o adherirse a ellos. Esto, a su vez, hace que los fármacos tiendan a concentrarse más en partes específicas del cuerpo, según las características biológicas de esas zonas. Por consiguiente, mediante cámaras especiales, los médicos pueden determinar con precisión la zona de destino en el cuerpo que interesa examinar o tratar seleccionando diferentes tipos de radiofármacos. Si el radioisótopo emite radiación en forma de partículas, el radiofármaco también puede ser utilizado en aplicaciones terapéuticas.

Un terreno estable: técnicas nucleares para frenar la erosión del suelo en Viet Nam

por Miklos Gaspar

Dao Thanh Canh nunca estudió ni física ni química en la escuela, pero ya sabe un par de cosas sobre los isótopos nucleares. Hasta hace dos años, gran parte de su cafetal de dos hectáreas, en las colinas del centro del Viet Nam, estaba desapareciendo poco a poco por el deslizamiento de las tierras. Gracias a las técnicas nucleares que se utilizan para determinar la causa y el origen exacto de la erosión del suelo, ahora sus tierras están estabilizadas y su cafetal es rentable. “Estábamos muy preocupados y dominados por la incertidumbre”, comenta. “Cada año, con las grandes tormentas de granizo, perdíamos varios centímetros de tierra”.

Thanh Canh no está solo. La degradación del suelo afecta a 1900 millones de hectáreas de tierra en todo el mundo, cerca de dos tercios de los recursos mundiales de suelos.



Arriba: Gracias a las técnicas nucleares, el agricultor Dao Thanh Canh ha podido controlar la erosión del suelo en su cafetal.

Arriba a la derecha: Las pendientes de las colinas del Viet Nam son especialmente susceptibles a la erosión del suelo.

(Fotografías: P. S. Hai, Centro de Investigaciones y Vigilancia Ambiental del Instituto de Investigaciones Nucleares de Dalat)

La erosión del suelo es lo que más contribuye a la degradación de las tierras en todo el mundo y comporta la pérdida de 75 000 millones de toneladas de suelo fértil al año, con un costo económico anual de unos 126 000 millones de dólares de los Estados Unidos. El OIEA, en colaboración con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), ayuda a los científicos y agricultores a medir y controlar la erosión del suelo mediante varias técnicas nucleares, entre ellas la que utiliza radionucleidos procedentes de precipitaciones radiactivas, que ayuda a evaluar las tasas de erosión del suelo, y la del análisis de isótopos estables por compuestos, que ayuda a detectar los puntos críticos de degradación de las tierras (véase el recuadro).



El círculo vicioso de la erosión

La erosión afecta a la capa superior —más fértil— del suelo. Además, se lleva gran parte de los fertilizantes empleados en la agricultura y los deposita en las aguas dulces, donde los fertilizantes sirven de alimento para las algas, que reducen drásticamente la calidad del agua. “Es un golpe doble”, afirma Mohammad Zaman, científico especialista en suelos de la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Alimentación y la Agricultura.

La agricultura intensiva, junto con la deforestación, es una de las causas comunes de la erosión, explica Zaman. La agricultura agresiva elimina la materia orgánica que mantiene juntas las partículas del suelo, con lo que la zona queda más vulnerable a la erosión durante las tormentas fuertes. Las técnicas nucleares ayudan a detectar los puntos críticos de erosión y permiten aplicar medidas de mitigación y seguimiento centradas especialmente en las zonas más amenazadas. “Gracias a nuestro trabajo, se aplica un tratamiento más focalizado, más efectivo y, por tanto, más barato”, dice Zaman. En vista de los buenos resultados que ha tenido el proyecto en varios países asiáticos, el OIEA trabaja ahora para reproducir ese éxito en otras partes del mundo y está creando una red de expertos nacionales para intercambiar conocimientos técnicos y mejores prácticas.



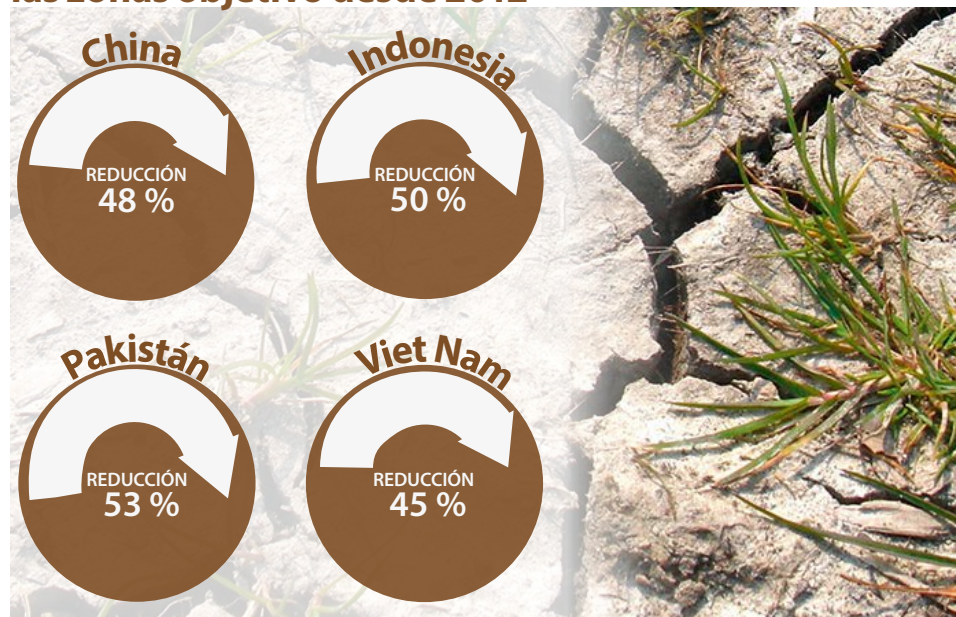
Medir la erosión para encontrar soluciones

En el Viet Nam, un país en el que tres cuartas partes de su territorio son tierras en pendiente, la erosión es un problema capital. En el marco de un proyecto piloto de la FAO y el OIEA en la provincia vietnamita de Lam Dong, se han usado técnicas nucleares para medir las tasas de erosión del suelo en 27 emplazamientos. La adopción de prácticas adecuadas de conservación — como el cultivo intercalado, la creación de estanques cerca de los cafetos para retener el agua y la formación de terrazas — se ha reducido la erosión del suelo en un 45 %, dice Phan Son Hai, director del Centro de Investigaciones y Vigilancia Ambiental del Instituto de Investigaciones Nucleares de Dalat, que participa en el proyecto desde 2012. En toda la región se han conseguido resultados parecidos (véase el gráfico). En la actualidad, Son Hai ayuda a otros colegas del país a introducir las técnicas nucleares para vigilar la erosión en todo el país.

En Malasia, que también forma parte del proyecto, Othman Zainudin ha estado vigilando un área de intensa erosión en el estado de Perlis, en el norte del país, durante más de diez años, y desde hace dos emplea técnicas nucleares. “Con las nuevas técnicas podemos obtener información mucho más detallada”, dice Zainudin, que enseña geomorfología en la Universidad de Educación Sultán Idris en el norte de Malasia. Antes, su equipo solo podía medir las tasas de sedimentación en los lagos, pero no podía determinar el origen exacto de los sedimentos, explica.

“Ahora que sabemos con precisión de dónde proviene la erosión, podemos adoptar las medidas de mitigación adecuadas”, dice Zainudin. Este mismo año, en cooperación con el Departamento Estatal de Agricultura, organizará un programa de capacitación para agricultores sobre técnicas para reducir la erosión del suelo. “Antes no podríamos haber impartido un programa de transferencia de

Reducción de la erosión del suelo en las zonas objetivo desde 2012



Fuente: OIEA

conocimientos como este porque no conocíamos el origen exacto de la erosión”, afirma.

En el Viet Nam, Dao Thanh Canh ha visto aumentar sus ingresos más del 20 %, gracias al té y el forraje que cultiva en los puntos críticos de erosión entre sus cafetos. Comenta que ya no siente inseguridad ante el futuro y cree que puede gastar sus ingresos adicionales. Gran parte del dinero extra lo destina a la escolarización de sus cuatro hijos. “Estoy decidido a ofrecerles la educación que yo no pude tener”, dice.

BASE CIENTÍFICA

Radionucleidos procedentes de precipitaciones radiactivas y análisis de isótopos estables por compuestos

Los radionucleidos procedentes de precipitaciones radiactivas tienen su origen principalmente en los ensayos con armas nucleares y se han dispersado por una zona muy amplia en todo el mundo. Están presentes en la atmósfera y se depositan en la superficie del suelo a través de la lluvia.

Esos radionucleidos pueden ayudar a detectar variaciones en los patrones y las tasas de redistribución de los suelos en grandes zonas de captación y para valorar la eficiencia de las medidas de conservación del suelo dirigidas a controlar su erosión. Pueden medirse de forma no destructiva y relativamente fácil mediante la utilización de la moderna espectrometría gamma de alta resolución.

La técnica de los isótopos estables por compuesto permite determinar dónde se originó el suelo erosionado, ya que los isótopos estables por compuesto son específicos de distintas plantas. El estudio de la composición de los isótopos estables por compuesto del suelo erosionado permite a los científicos rastrear su origen.

La combinación de ambos métodos permite establecer un sólido vínculo entre el sedimento de la zona de captación y el origen de la erosión.

La erradicación de la mosca tsetsé: el Senegal se acerca a una primera victoria

por Aabha Dixit

Después de un programa de erradicación de cuatro años de duración en el que se aplicaron técnicas nucleares, la región de Niayes (Senegal) ha eliminado casi por completo la mosca tsetsé, que solía diezmar el ganado.

“Hace un año que no veo ni una sola mosca tsetsé”, comenta el ganadero Oumar Sow. “Pasa lo contrario que antes, cuando se multiplicaban, sobre todo durante la estación fresca. Las moscas molestaban mucho a los animales y teníamos que elegir con cuidado el momento para ordeñarlos. Ahora ya no tenemos ese problema”.



Instalación de una trampa para moscas tsetsé con objeto de supervisar los progresos de la campaña de erradicación en Niayes (Senegal).

(Fotografía: M. Vreysen, División Mixta FAO/OIEA)

La mosca tsetsé es un insecto hematófago que cada año mata a más de tres millones de reses de ganado en el África subsahariana, lo cual representa para la industria agropecuaria un costo anual de más de 4000 millones de dólares de los Estados Unidos. Estas moscas transmiten parásitos que causan en el ganado una enfermedad debilitante denominada nagana. En algunas zonas de África, la mosca también es responsable de más de 75 000 casos de la “enfermedad del sueño” en los seres humanos, que afecta al sistema nervioso central y provoca desorientación, alteraciones de la personalidad, balbuceos, convulsiones, problemas para caminar y hablar y, en última instancia, la muerte.

Erradicación de la reproducción

El Senegal ha integrado con éxito una técnica de control del nacimiento de los insectos que emplea la irradiación para esterilizar a las moscas macho y reduce la población

de moscas con el tiempo (véase el recuadro). Esta técnica ha suprimido la población de moscas en un 98 % en dos de las tres zonas infestadas por tsetsé de Niayes, y se aplicará en la tercera el año que viene, afirma Baba Sall, director de proyectos del Ministerio de Ganadería y Producción Animal del Senegal. La erradicación de la mosca supondrá una mejora importante de la seguridad alimentaria y contribuirá al progreso socioeconómico, sostiene Sall, quien añade que las investigaciones realizadas en 227 explotaciones indican que los ingresos de la población rural de Niayes han aumentado en un 30 %.

La vida resulta ahora más cómoda no solo para los animales, sino también para los agricultores, afirma Loulou Mendy, un criador de ganado porcino de la zona. “Ahora hasta podemos dormir al aire libre”, explica. “Antes eso era impensable, por las picaduras de las tsetsé”.

El Senegal es uno de los 38 países africanos que padece la infestación de la mosca tsetsé, que afecta en total a una zona de unos 60 000 km², explica Sall. La fase operativa de la campaña contra la mosca tsetsé se inició en 2011 en la región de Niayes, cerca de la capital, Dakar. Niayes, que está situada en la costa atlántica occidental y constituida por los vestigios de las selvas guineanas, y cuya vegetación está dominada por la palmera oleaginosa africana, tiene un microclima costero y unas condiciones ecológicas favorables para *Glossina palpalis* gambienses, la mosca tsetsé.

La región fue elegida por el Gobierno senegalés porque es especialmente adecuada para la cría de ganado, que produce más leche y carne que el de otras zonas. Sin embargo, la elevada incidencia de la esterilidad y la pérdida de peso del ganado provocadas por la nagana ha mermado la producción lechera y cárnica y ha debilitado a muchos animales para el arado o el transporte de productos, lo cual, a su vez, menoscaba gravemente la producción agrícola, explica Marc Vreysen, Director del Laboratorio de Lucha contra Plagas de Insectos de la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Alimentación y la Agricultura.

Anteriores intentos de erradicación

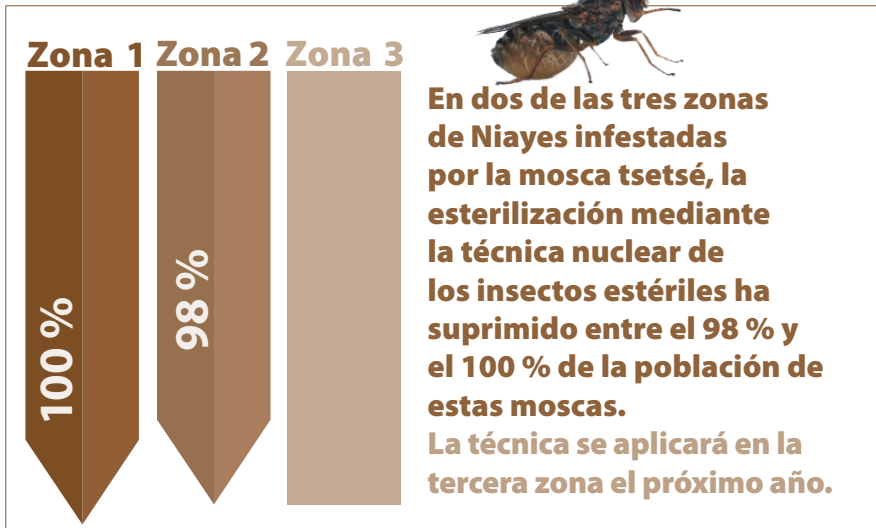
Según indica Sall, las campañas de erradicación llevadas a cabo anteriormente en la región de Niayes entre 1971 y 1981 redujeron la población de moscas tsetsé durante una década, pero la reaparición de la plaga en 2003 ha tenido hondas repercusiones para el ganado y para el medio de vida de los agricultores desde entonces. Las investigaciones revelaron que los intentos de erradicación anteriores fueron infructuosos porque las campañas no consiguieron llegar a toda la población de moscas tsetsé de la zona, dejando



focos residuales a partir de los cuales ha podido recuperarse la población.

Precisamente en estas circunstancias, la esterilización con técnicas nucleares es el medio más eficaz: cuando se ha reducido de forma considerable la población de moscas con técnicas convencionales pero todavía quedan focos de insectos, explica Vreysen. “Los machos esterilizados saldrán a la búsqueda de las hembras vírgenes estén donde estén”, comenta. De esa forma, la población queda eliminada por completo en estas zonas.

El proyecto senegalés comenzó con un estudio de viabilidad, emprendido en 2006 con el apoyo del OIEA, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, el Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agrícola para el Desarrollo (CIRAD) y el Gobierno del Senegal a través del Instituto Senegalés de Investigaciones Agrícolas y la Dirección de Servicios Veterinarios, a fin de evaluar la posibilidad de crear una zona libre de la mosca tsetsé en la región de Niayes. El estudio, de cuatro años de duración, reveló que el 28,7 % de las reses de ganado sufrían gravísimos problemas de salud por causa de este insecto.



En 2012 comenzó a soltarse a los machos estériles, después de un período de tres años de ensayos piloto, capacitación, preparación y pruebas.

BASE CIENTÍFICA

Control del nacimiento de las moscas

La técnica de los insectos estériles (TIE), es una modalidad de lucha contra las plagas que utiliza la radiación ionizante para esterilizar moscas macho que se producen en masa en instalaciones de cría especiales. Se suelta a los machos estériles sistemáticamente desde el suelo o por aire en las zonas infestadas por la tsetsé, donde se aparean con hembras silvestres sin generar descendencia. En consecuencia, esta técnica puede llegar a erradicar las poblaciones de moscas silvestres. La TIE es una de las tácticas de control más respetuosas con el medio ambiente y suele aplicarse como componente final de las campañas integradas de eliminación de poblaciones de insectos.

La División Mixta FAO/OIEA presta apoyo a cerca de 40 proyectos de TIE sobre el terreno, ejecutados a través del programa de cooperación técnica del OIEA, como el del Senegal, en diferentes partes de África, Asia, Europa y América Latina. Ha ayudado a erradicar eficazmente la mosca tsetsé de la isla de Unguja (Zanzíbar) y en Etiopía ha reducido la población de moscas en un 90 % en zonas del Valle del Rift meridional.



Sueltas aéreas de machos estériles de moscas tsetsé sobre Niayes con un autogiro.

(Fotografía: Jeremy Bouyer, CIRAD)

Sembrar las semillas del cambio: el fitomejoramiento por mutaciones ayuda a Bangladesh a alimentar a su población creciente

por Nicole Jawerth

Los pueblos de la región septentrional de Bangladesh acostumbraban a luchar contra la pobreza y el hambre durante los largos meses de la época del año denominada monga, pero ahora bullen de actividad a medida que los agricultores y trabajadores cosechan nuevas variedades de cultivo desarrolladas utilizando técnicas nucleares.

“Monga es una palabra bengalí que significa hambruna”, explica Mirza Mofazzal Islam, Oficial Científico Principal y Jefe de la División de Biotecnología del Instituto Bangladeshi de Agricultura Nuclear (BINA). Se usa para describir las épocas comprendidas entre mediados de septiembre y mediados de noviembre, y entre marzo y abril, en las que “no hay trabajo para los jornaleros del campo, que sufren y no tienen qué comer”, señala Mofazzal Islam.



Las nuevas variedades de plantas mutantes, producidas utilizando técnicas nucleares, han ayudado al agricultor Mohammad Faridul Islam a aumentar el rendimiento de sus cultivos y a mejorar sus medios de subsistencia.

(Fotografía: I. Khalil/BINA)

Los cultivos de arroz convencionales tardan en madurar entre 140 y 150 días, por lo que pasa mucho tiempo entre las cosechas y aumenta el riesgo de que los cultivos sufran daños debido a las enfermedades, el granizo y las sequías, explica A. H. M. Razzaque, Director General del BINA. Una variedad de arroz mutante, producida por el BINA con el apoyo del OIEA empleando técnicas nucleares (véase el recuadro), tiene un mayor rendimiento y periodos más breves de maduración de entre 110 y 120 días, lo que deja otros 30 a 35 días más para el crecimiento de otros cultivos y verduras.

Con esta variedad, “ahora los agricultores eligen verduras de invierno, legumbres y semillas oleaginosas, y luego pasan a otra cosecha de arroz. De ese modo, hay cultivos durante todo el período, lo que mejora la actividad agrícola y aumenta la intensidad del cultivo”, afirma Razzaque. Observa que esta situación ha supuesto un incremento de los ingresos de los agricultores, incluidas las mujeres, y ha contribuido a un aumento aproximado del 26 % de la producción de arroz en Bangladesh desde 2003.

En el noroeste de Bangladesh, una región que no se ve afectada por la monga, las nuevas variedades mutantes también han ayudado a los agricultores a hacer frente a las condiciones ambientales adversas. “Con las nuevas variedades [mutantes], sobre todo de frijol mungo y de lentejas, han cambiado los medios de subsistencia de los agricultores”, dice Mohammad Faridul Islam, agricultor del pueblo de Ishurdi. “Ahora puedo satisfacer las necesidades de mi familia; mis dos hijas van a la universidad. Puedo comprar comida y ropa mejores. El año pasado también adquirí tierras agrícolas para ampliar mi plantación, y construí mi nueva casa. Mi familia ya no se queja porque no se atienden sus necesidades. Son felices”.

Los agricultores de las zonas costeras se enfrentan a un problema completamente distinto, apunta Razzaque: más de un millón de hectáreas de tierras están afectadas por la salinidad del suelo y la degradación y no son aptas para los cultivos tradicionales. Ahora hay dos variedades endogámicas que toleran mejor la salinidad, y al sustituir las variedades tradicionales por variedades del BINA, se puede cultivar entre el 40 % y el 50 % de estos terrenos baldíos, explica Razzaque. Con todo, subraya que “se necesitan variedades más resistentes a la salinidad para poder cultivar la tierra todo el año”.

Preparación ante el cambio climático

El cambio climático está empeorando las condiciones medioambientales del país, al provocar la penetración de una mayor cantidad de agua salada en el suelo normal, lluvias intempestivas que causan inundaciones, y el aumento del número de zonas afectadas por las sequías graves, comenta Razzaque.

“El Gobierno nos insta a conseguir variedades mutantes sostenibles y de calidad para afrontar los problemas del cambio climático que nos acechan”, explica Mofazzal Islam. “Por eso somos muy conscientes de la importancia que tiene



la tecnología nuclear para el desarrollo de estas variedades, a fin de que estemos preparados para combatir los efectos del clima cambiante sobre el desarrollo agrícola”.

Con el respaldo que le brinda el OIEA desde 1971, en forma de capacitación y becas, visitas de expertos, desarrollo de recursos humanos y de laboratorios, y provisión de equipo, el BINA ha logrado crear nuevas variedades de cultivos mutantes. El Instituto ha desarrollado más de 59 variedades utilizando la tecnología nuclear y 23 variedades de 12 especies de cultivo distintas empleando técnicas de selección asistida por marcadores y otras técnicas de mejoramiento. Con las numerosas variedades, “podemos abordar las necesidades y los problemas de los agricultores, y esperamos que también, la demanda creciente”, afirma Mofazzal Islam.

“Cuando el estómago está lleno, la cuestión pasa a ser la calidad”, dice Razzaque. Las exigencias están aumentando a medida que los agricultores y el Gobierno se empiezan a interesar por variedades de cultivos de diferentes calidades y más nutritivas, fortificadas con cinc y hierro. “En Bangladesh tenemos graves problemas sanitarios debido a las deficiencias de cinc y de hierro, sobre todo entre las madres lactantes y los niños pequeños. Si carecen de estos micronutrientes durante el embarazo, después del parto pueden sufrir otras enfermedades y pueden nacer niños con discapacidad”.

Una mirada al futuro

El BINA tiene la intención de seguir colaborando con el OIEA. “Estamos ampliando el horizonte de nuestras actividades con la ayuda del OIEA”, explica Razzaque. “Ahora, además del fitomejoramiento por mutaciones, el BINA también está trabajando con el OIEA en la gestión de los suelos y de los recursos hídricos, la lucha contra las plagas

Producción total de arroz de Bangladesh



Fuente: BINA

y la transferencia de tecnología para ayudar a los agricultores de Bangladesh y los países colindantes.

“La investigación es un proceso continuo. No podemos detenernos”, afirma Razzaque. “Nuestra estrategia de investigación pretende satisfacer a los agricultores con variedades de mayor calidad y enriquecidas desde el punto de vista nutricional, afrontando al mismo tiempo los desafíos agrarios y climáticos. Seguiremos desarrollando variedades y tecnologías nuevas para atender la demanda de los agricultores y del país en su conjunto”.

BASE CIENTÍFICA

Fitomejoramiento por mutaciones

El fitomejoramiento por mutaciones consiste en exponer a la radiación (por ejemplo, a los rayos gamma) las semillas, los esquejes o las hojas de plantas trituradas y, después, en plantar la semilla o cultivar el material irradiado en un medio de enraizamiento estéril, que genera una plántula. A continuación las distintas plantas se multiplican y se estudian sus rasgos. El mejoramiento asistido por marcadores moleculares, que a menudo se denomina selección con ayuda de marcadores, sirve para acelerar la selección de plantas portadoras de genes de interés (de los rasgos deseados). Se utilizan marcadores moleculares para seleccionar las plantas portadoras de determinados genes que expresan los rasgos deseados. Las plantas que exhiben dichos rasgos son las que siguen cultivándose.

El fitomejoramiento por mutaciones no implica la modificación de los genes, sino que más bien se sirve de los recursos genéticos de la planta e imita el proceso natural de mutación espontánea, que es el motor de la evolución y que de otro modo dura cientos de millones de años. Al utilizar las radiaciones, los científicos pueden reducir considerablemente el tiempo que se tarda en observar las variaciones beneficiosas a solo un año. Con técnicas de cribado adecuadas localizan ciertos rasgos para atender necesidades esenciales, como plantas tolerantes a altos niveles de salinidad del suelo o resistentes a determinadas plagas. De ese modo, se puede validar una variedad nueva para su uso en un tiempo récord.

Respirando mejor: Indonesia trabaja por un aire más limpio

por Michael Amdi Madsen

Los indonesios pronto respirarán un aire más limpio tras los cambios reglamentarios introducidos a raíz de un estudio realizado con técnicas analíticas nucleares. Ahora, por primera vez, se vigila con precisión la contaminación del aire por plomo y otra materia particulada fina, y los funcionarios indonesios están comprendiendo con claridad el problema de la contaminación del aire y cómo abordarlo.

“Es un paso muy importante para nosotros”, dice Muhayatur Santos, Investigadora Superior de la Agencia Nacional de Energía Nuclear (BATAN) de Indonesia. “Esperamos poder contar con un reglamento medioambiental más estricto antes de que el país se embarque en proyectos de desarrollo energético importantes”.



Toma de muestras de aire en Palangka Raya, Borneo (Indonesia).

(Fotografía: M. Santos/BATAN)

Esto no siempre fue así. En 2006 Indonesia puso en marcha un proyecto de mejora de la calidad del aire urbano destinado a tener aire limpio y saludable en las ciudades del país en 2020. Se introdujo un sistema de vigilancia que empleaba variadas técnicas convencionales, entre ellas: sistemas de gestión de la calidad del aire en diez ciudades y tomamuestras pasivos en 33 provincias.

“Por las limitaciones de recursos, los sistemas de gestión de la calidad del aire no funcionaban eficazmente en la totalidad de las diez ciudades —el mantenimiento del sistema resultaba carísimo—”, explica Santos. “El sistema en sí también tenía límites y no servía para vigilar materia particulada de menos de 2,5 micrómetros, por lo que dejaba sin detectar toda una gama de contaminantes potencialmente nocivos. Necesitábamos mejorar el sistema y probar algo distinto”.

Probar algo nuevo

La necesidad de probar algo distinto se tradujo en la colaboración con el OIEA para incluir técnicas analíticas nucleares en el proyecto de vigilancia de la calidad del aire. Los análisis por activación neutrónica, la espectrometría de fluorescencia de rayos X y los análisis con haces de iones pueden producir grandes conjuntos de datos muy precisos sobre la composición elemental de la materia particulada; una información clave para determinar las posibles fuentes de contaminación del aire (véase el recuadro).

“La contaminación por plomo resultante de la actividad humana es principalmente materia particulada fina —de menos de 2,5 micrómetros— y puede ser difícil detectar las fuentes”, dice Santos. Mediante el análisis por emisión de rayos X inducida por protones y el conocimiento aportados por el OIEA, el grupo de investigación de la BATAN consiguió rastrear la causa y el origen de la contaminación por plomo en varias zonas, como por ejemplo Serpong, cerca de Yakarta. “Pudimos asociar un alto porcentaje de la contaminación a un centro de reciclaje y una instalación de producción de baterías de plomo”, explica.

Los resultados del proyecto se tomaron como base de una ofensiva para hacer cumplir la ley a los contaminadores ilegales y para concienciar al público de los peligros de la contaminación por plomo, afirma Santos.

Merced a la colaboración con las ciudades locales, los organismos provinciales de protección ambiental y el Ministerio de Medio Ambiente de Indonesia, la BATAN ha ampliado el ámbito de vigilancia más allá de Java. “Hemos dado el gran paso de ampliar los lugares de muestreo, que pasaron de uno en Bandung a 16 en las ciudades de nuestras islas más grandes”, explica.

Un compromiso prometedor

Los resultados de la vigilancia del aire están propiciando cambios en el plano legislativo. Las conclusiones del estudio sobre la contaminación por plomo han comportado la revisión de la ley indonesia de control de la contaminación del aire y culminado en la reducción del umbral de la concentración de plomo aceptable en el aire ambiental. “Esta contribución representa una mejora prometedora en lo que respecta a la determinación, políticas y estrategias gubernamentales para luchar contra la contaminación del aire a escala nacional”, dice Santos, y añade que el proyecto está en camino de una nueva ampliación, con más técnicas y más puntos de vigilancia. En los próximos tres o cinco años habremos



cubierto 34 ciudades y conseguido el objetivo de vigilar las capitales de todas la provincias de Indonesia”.

Vigilancia del desarrollo

Indonesia está desarrollándose con rapidez y prevé construir más de 30 centrales eléctricas en Java y Bali, incluida una central de carbón de 10 000 megavatios. Santoso explica que estas centrales contribuirán a la contaminación ambiental y requerirán una intensificación de la vigilancia, y que harán falta nuevos estudios de caracterización analítica del carbón empleado, los productos de la combustión y sus efectos en el medio ambiente como parte del proyecto de vigilancia de la contaminación del aire.

La evaluación de los efectos ambientales y fisiológicos de los elementos tóxicos depende de los niveles de exposición, las cantidades y la especificidad química. “Para nosotros es fundamental realizar análisis del estado elemental y químico del arsénico, el mercurio, el cadmio, el níquel, el cromo y el plomo —oligoelementos tóxicos asociados a la combustión del carbón—, pero lamentablemente esos elementos se están por debajo de los límites de detección de la fluorescencia de rayos X por energía dispersiva y la emisión de rayos X inducida por partículas, que son las técnicas nucleares que hemos venido utilizando”, afirma Santoso.

Para superar esta limitación, Indonesia necesita tener acceso a un sincrotrón —un tipo de acelerador de partículas— que facilite el análisis de las muestras. El OIEA está ayudando a Indonesia a analizar sus muestras por medio de un sincrotrón que está a disposición del Organismo en el marco de un proyecto coordinado de investigación con organizaciones asociadas en Trieste (Italia). La BATAN espera que esta colaboración aporte al proyecto de vigilancia de la calidad del aire información más significativa sobre la especiación y composición química de los contaminantes del aire y posibilite una mejor evaluación de sus efectos ambientales y la garantía de un aire más limpio para todos.

La contaminación del aire es un problema regional, explica Gashaw Gebeyehu Wolde, Oficial de Programas del



Expertas analizan muestras de partículas en suspensión mediante técnicas analíticas nucleares en la BATAN.

(Fotografía: M. Santoso/BATAN)

OIEA: “La contaminación transfronteriza es un problema grave; el apoyo que prestamos en materia de capacitación y los conocimientos técnicos que aportamos ayudan a los países a establecer mecanismos de muestreo que sirvan para determinar con precisión la causa y el origen de la contaminación del aire. Es importante saber si la contaminación es producto de la actividad humana o el resultado de un incendio forestal o de actividad volcánica”. A través de su programa regional, el OIEA presta asistencia a los países del sudeste asiático para crear una amplia base de datos regional de uso común y apoyo para desarrollar capacidades analíticas en el plano local; y, cuando es necesario, facilita el análisis de muestras en centros de recursos regionales que poseen instalaciones de análisis más sofisticadas, como los de Australia y Nueva Zelanda.

BASE CIENTÍFICA

Emisión de rayos X inducida por partículas

La emisión de rayos X inducida por partículas (PIXE) es una técnica analítica nuclear que utiliza un haz de iones —un haz de partículas cargadas— para obtener información sobre la composición elemental de una muestra.

La PIXE consiste en la exposición de una muestra a un haz de iones. La interacción entre el haz y la muestra produce una radiación electromagnética cuya longitud de onda puede atribuirse a elementos e isótopos específicos. Con ello, el

científico puede conocer no solo la naturaleza de la muestra sino también su origen.

La aplicación de la PIXE no se limita a la vigilancia de la contaminación del aire; dado que es una técnica de análisis no destructivo —no destruye la muestra estudiada—, puede utilizarse en arqueología y en conservación de arte.

Pescando respuestas: Sri Lanka demuestra que la radiactividad no es un problema en sus aguas costeras

por Michael Amdi Madsen

Más de un millón de habitantes de Sri Lanka dependen del mar para sus ingresos, y cerca de la mitad de la ingesta de proteína animal de la población de la isla procede del pescado. El mar representa para los habitantes del país una fuente de alimentación diaria, un medio de subsistencia, o ambas cosas. Las preocupaciones relativas al accidente de la central nuclear de Fukushima Daiichi, ocurrido el 11 de marzo de 2011, pusieron de manifiesto la importancia de monitorizar la presencia de sustancias radiactivas en los océanos, pero Sri Lanka no contaba ni con el equipo ni con los conocimientos técnicos necesarios para medir los niveles de radiactividad de sus aguas.

El OIEA ha iniciado un proyecto para ayudar a 24 países de la región a establecer valores de referencia de los niveles de radiactividad, tanto natural como artificial, en sus aguas costeras (véase el recuadro).

Waduge y su equipo detectaron cesio 137 en muestras de pescado enlatado de importación, pero solo a niveles insignificantes. Aunque en las aguas y los sedimentos de Sri Lanka se han detectado sistemáticamente niveles bajos de cesio, se trata de una consecuencia de la lluvia radiactiva producida por los ensayos nucleares de los años 50 y 60. Waduge explica que, a fin de transmitir al público el mensaje de que el pescado es inocuo, la industria pesquera, los importadores y la AEB realizaron una campaña divulgativa por medio de programas de concienciación.

Dotarse de las herramientas necesarias

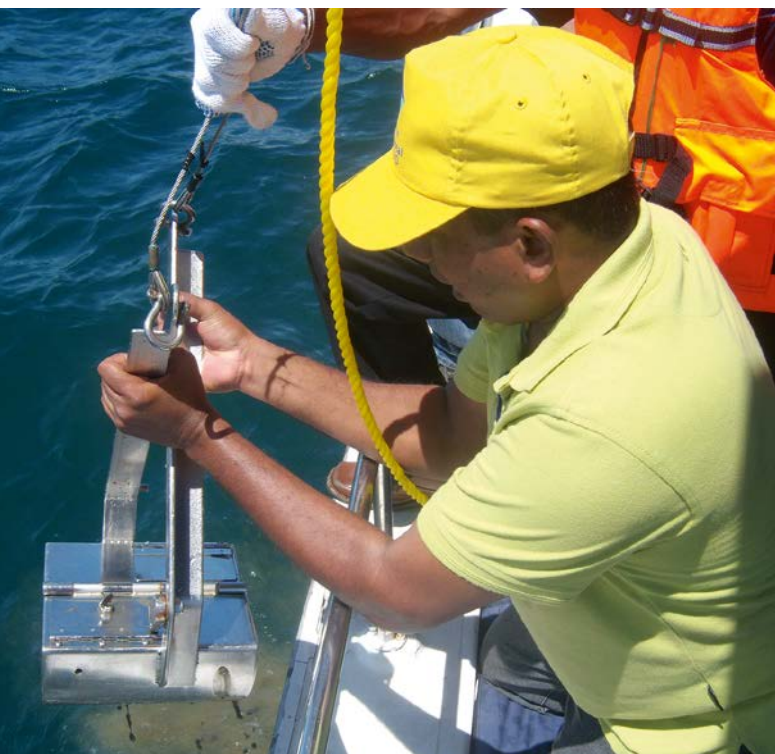
Antes de poner en marcha el proyecto, la AEB disponía de capacidad básica para realizar espectrometrías gamma, pero no para analizar muestras marinas, lo cual es necesario para elaborar una base de datos sobre la radiactividad marina.

A través de los talleres y las sesiones de capacitación impartidos por el OIEA, la AEB estableció métodos de muestreo y procedimientos analíticos que le han permitido monitorizar los niveles de radiactividad que se dan en los sedimentos del lecho marino, las aguas, los peces y las algas.

Posteriormente, la AEB consiguió fondos estatales para adquirir equipo más moderno y sofisticado, lo cual ha permitido que su personal detecte trazas de radionucleidos y fije valores de referencia. “El instrumento nos ha ayudado mucho a analizar las muestras debido a su gran capacidad”, comenta Waduge, quien añade que la colaboración con la Autoridad de Protección del Medio Marino ha sido uno de los puntos clave de los buenos resultados obtenidos en Sri Lanka.

En diciembre del año pasado, la AEB también pudo adquirir equipo de análisis de muestras para establecer valores de referencia para el estroncio 90 (que es un producto de la fisión nuclear que se da en las centrales y en la precipitación radiactiva debida a los ensayos de armas nucleares) y solicita al OIEA asesoramiento y capacitación para sacar el máximo provecho de ese equipo, explica Waduge.

Sri Lanka no era el único país sin datos de referencia sobre la radiactividad marina, sino que muchos los países de la región de Asia y el Pacífico carecían de las aptitudes, los



Los científicos extraen muestras del mar en Sri Lanka para monitorizar los niveles de radiactividad.

(Fotografía: AEB)

La población de Sri Lanka estaba especialmente preocupada por la calidad del pescado que consumía. “Nos vimos obligados a monitorizar la radiactividad en muestras de pescado de captura local y de pescado congelado o enlatado de importación”, explica Vajira Waduge, Director de la División de Ciencias de la Vida de la Junta de Energía Atómica (AEB) de Sri Lanka.



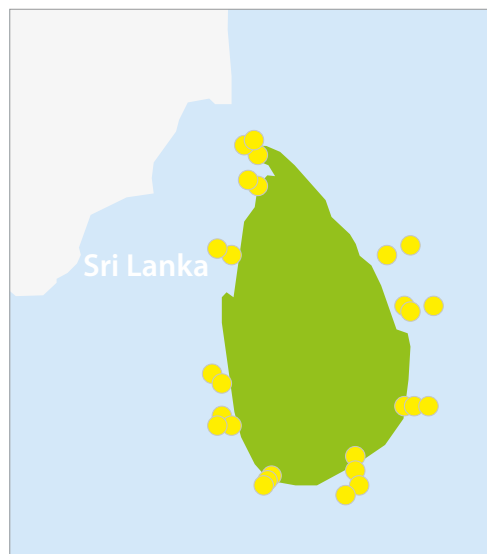
equipos o los fondos para medirla de forma periódica. Para atender sus necesidades, el OIEA inició un proyecto en cuyo marco se presta asistencia a 24 países para que desarrollen sus capacidades de monitorización marina, con especial atención a la detección del cesio. “Cada país tiene capacidades distintas de monitorización de la radiactividad marina”, afirma Iolanda Osvath, Jefa del Laboratorio de Radiometría del OIEA: “Cuando empezamos este proyecto, en algunos pequeños Estados insulares tuvimos que partir de cero, mientras que en otros casos ayudamos a mejorar la capacidad o afinar los métodos”.

El paso siguiente

En Sri Lanka, el proyecto ha convencido a los responsables de las políticas de la necesidad de contar con un programa de monitorización y ha conseguido reunir suficientes fondos para el desarrollo de las infraestructuras. Un nuevo complejo de laboratorios, cuya construcción finalizará en 2016, cuenta con instalaciones especializadas en espectrometría gamma, alfa y beta y en radioquímica.

Sri Lanka dispone ahora de una base de datos de referencia sobre sus aguas, que espera mantener y ampliar con la inclusión de más información. “El próximo paso es ampliar nuestro plan de muestreo a las aguas profundas de la cuenca de Mannar, para fijar los valores de referencia de esa zona”, afirma Waduge. Los datos de referencia recopilados se añadirán al Sistema de Información Marina del OIEA y a la Base de Datos sobre Radiactividad Marina de Asia y el Pacífico, para que puedan consultarla con facilidad otros países.

Puntos de monitorización en las costas de Sri Lanka



BASE CIENTÍFICA

¿Qué son los valores de referencia?

La detección de cantidades traza de radionucleidos en una muestra, resulta difícil y requiere equipo muy especializado y sensible. Para que las autoridades encargadas de la monitorización radiológica sepan rápidamente si la radiación detectada proviene de una fuente nueva o no, necesitan contar con una serie de datos o valores ‘de referencia’.

Los valores de referencia constituyen el punto de partida de una base de datos que sea de utilidad en las actividades futuras de monitorización. Si una muestra nueva contiene un radionucleido, puede compararse

con el valor de referencia para determinar si el origen es nuevo.

La mayor parte del océano tiene niveles muy bajos de radionucleidos, que suelen proceder de la lluvia radiactiva posterior a los ensayos de armas nucleares realizadas en el pasado. Cuando se detectan, la comparación de los radionucleidos con los datos obtenidos anteriormente a partir de las muestras puede revelar si la contaminación es nueva o antigua

Pequeñas gotas, gran cosecha: riego por goteo para aumentar el rendimiento de los cultivos y conservar el agua

Por Rodolfo Quevenco

En Mauricio, la coliflor, el brécol, el pimiento morrón y muchas otras hortalizas nutritivas solían ser caras. El clima de la isla y las prácticas agrícolas tradicionales no eran apropiados para varios cultivos de hortalizas de alto valor, y su importación a este Estado insular era prohibitiva por las largas distancias que entrañaba.

Todo eso ha cambiado en los últimos años y actualmente los agricultores locales están empezando a suministrar a la creciente población del país y a su floreciente sector turístico productos frescos cultivables en el lugar.



Manoj Chumroo ha duplicado su rendimiento y actualmente suministra coliflor y otras hortalizas frescas a hoteles locales.

(Fotografía: R. Vencatasamy/FAREI)

El truco está en el riego por goteo, cuyo uso fue posible con la ayuda de técnicas nucleares que permiten medir los niveles de humedad del suelo y las plantas, con lo que los agricultores y los oficiales agrónomos pueden calcular la cantidad exacta de agua y nutrientes que tienen que utilizar y cuándo utilizarla (véase el recuadro).

“La adopción del riego por goteo ha aumentado la producción de cultivos alimentarios y los ingresos de los agricultores en toda la isla”, dice Ram Vencatasamy, científico investigador encargado del programa de riego del Instituto de Investigación

en Alimentación y Agricultura y de Divulgación Agrícola de Mauricio.

“El riego por goteo es un sistema muy apropiado para los pequeños agricultores como nosotros”, dice Manoj Chumroo, agricultor de la zona oriental de Mauricio; él y su mujer cultivan hortalizas en sus 485 hectáreas desde 1986. “Puede ser realmente de ayuda para aumentar nuestros rendimientos e ingresos”.

El riego por goteo permite la irrigación de las plantas a través de una red de tuberías o tubos estrechos que llevan el agua directamente a la base o a la raíz. Este proceso ayuda a reducir el uso de agua.

“Mis cultivos han rendido el doble esta campaña”, dice Chumroo. “Además, los subastadores de hortalizas han pagado buenos precios de mercado dada la excelente calidad de la coliflor y la guindilla”.

Fruto de ello, Chumroo ha cambiado su bicicleta por una motocicleta para ir a los campos de cultivo todas las mañanas. Ha comprado una parcela de terreno adyacente y ha suscrito un préstamo bancario para instalar el sistema de riego por goteo también en ella. Asimismo, ha terminado de construir su casa y comprado más muebles. “Incluso puedo llevar a mi familia a cenar a un restaurante de vez en cuando”, dice.

Casi el 80 % de la superficie total cultivada en Mauricio es de secano. Los agricultores como Chumroo, que tienen recursos financieros limitados para invertir en caros sistemas de aspersores o presas para riego, solían transportar el agua en cubos, un proceso con un alto coeficiente de mano de obra y en el que se desperdicia agua. Para empeorar las cosas, explica Vencatasamy, en los últimos 10 años ha habido un notable descenso de la pluviosidad anual en Mauricio, y el rendimiento de los cultivos y la productividad de los pequeños agricultores ha disminuido.

La agricultura ya representa el 70 % del uso mundial de los recursos de agua dulce. Para 2050 se prevé que las necesidades de agua para uso agrícola en todo el mundo aumentarán en un 50 % más para satisfacer la demanda de una población en aumento, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Mejorar la eficiencia en el uso del agua es fundamental para el desarrollo sostenible.

“Fertirrigación”: agua y fertilizante combinados

Para optimizar el rendimiento de los cultivos y conservar los recursos, los agricultores aplican cada vez en mayor



medida una técnica que proporciona a las plantas fertilizantes mezclados con agua, proceso conocido como “fertirrigación”. En una pequeña parcela se aplica por fertirrigación un fertilizante que utiliza un isótopo de nitrógeno, a fin de determinar la eficiencia del fertilizante y la captación de agua por las plantas y optimizar las cantidades necesarias, explica Lee Kheng Heng, Jefe de la Sección de Gestión de Suelos y Aguas y Nutrición de los Cultivos de la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Alimentación y la Agricultura. Con esta técnica se puede ahorrar hasta la mitad del fertilizante que se utilizaba habitualmente para lograr los mismos resultados, afirma.

“La reducción de la cantidad de fertilizante ayuda a proteger a las personas y el medio ambiente contra la contaminación, puesto que hay menos posibilidades de que los residuos de los fertilizantes se filtren a las aguas subterráneas o contaminen arroyos o ríos cercanos”, explica Heng. El OIEA ha puesto esta técnica a disposición de los oficiales agrónomos y agricultores que participan en 19 proyectos de riego por goteo en África.



Cabe destacar los siguientes resultados:

❶ **Kenya:** desarrollo de un sistema de riego por goteo de bajo costo y a pequeña escala que multiplicó por 2,8 el rendimiento del tomate cultivado en campo utilizando solo el 45 % del agua del riego a mano tradicional.

❷ **República Unida de Tanzania:** el uso del riego por goteo proporcionó un rendimiento del té cuatro veces superior al del té sin riego cultivado en secano.

❸ **Sudán:** en comparación con el riego de superficie, mediante el riego por goteo se ahorró un 60 % de agua para

Riego por goteo en Kenya.

(Fotografía: L. Heng/OIEA)

riego y se incrementó el rendimiento de la cebolla en un 40 %. Los agricultores de varias aldeas del norte y el sur de Kassala, en la zona oriental del Sudán, han adoptado ahora este sistema.

BASE CIENTÍFICA

Isótopos de nitrógeno para la gestión de suelos

Las técnicas isotópicas y nucleares desempeñan una función importante y única en la evaluación del estado y el movimiento del agua en los suelos. Esto es esencial para elaborar estrategias de gestión sostenible del agua en la agricultura y para la utilización provechosa de alternativas de riego más baratas y eficaces, como el riego por goteo.

Los fertilizantes nitrogenados desempeñaron una función básica para aumentar la productividad de los cultivos con miras a paliar la inseguridad alimentaria. Sin embargo, en muchos países son caros. Además, muchos cultivos agrícolas utilizan el nitrógeno de forma ineficiente, al quedar más del 50 % en la superficie del suelo.

La fertirrigación ayuda a determinar adónde va el fertilizante después de aplicarlo al suelo, con el objeto de averiguar la eficiencia con la que las plantas utilizan los nutrientes del fertilizante. Los científicos utilizan fertilizante marcado con nitrógeno 15, un isótopo estable del nitrógeno, en una pequeña parcela de una estación experimental o de las tierras de un agricultor. Los isótopos de nitrógeno 15 tienen un peso molecular distinto al resto de la mezcla del fertilizante, lo que permite a los científicos seguirlos cuando penetran en el suelo y la planta. Gracias a ello, pueden determinar la cantidad de fertilizante que se debe utilizar y el mejor método para aplicarlo. La fórmula ideal se remite después a los agricultores.

No se ve, pero lo tienen presente: el Brasil y sus vecinos trabajan juntos para proteger uno de los reservorios de agua subterránea más grandes del mundo

por Nicole Jawerth

Hubo una época en que el reservorio de agua subterránea más grande de América Latina, envuelto en un velo de misterio, suscitó preocupación entre los científicos, académicos y políticos del Brasil, la Argentina, el Paraguay y el Uruguay por la suerte que correría en el futuro su recurso de agua dulce más importante. Gracias a las pistas obtenidas mediante técnicas nucleares, actualmente el Brasil y sus vecinos conocen bien el acuífero Guaraní y pueden prever con seguridad que, con su nuevo marco de protección y uso sostenible, el agua del acuífero seguirá fluyendo al menos durante 200 años más.



Bajo fértiles tierras de un verde exuberante, el acuífero Guaraní se extiende a lo largo de 1,2 millones de kilómetros cuadrados y abastece a la región de agua dulce para el consumo humano, la agricultura y el turismo.

(Fotografía: M. R. Caetano-Chang/UNESP)

Mediante la técnica nuclear denominada hidrología isotópica (véase el recuadro), los cuatro países analizaron y evaluaron el acuífero para determinar la edad, el origen y la evolución del agua subterránea, así como su calidad y el riesgo de contaminación. “Los estudios contribuyeron significativamente al proyecto por cuanto a partir de ellos se obtuvo una visión panorámica integrada de todo el acuífero, que ayudó a interpretar muchos hallazgos geológicos, hidroquímicos e hidrogeológicos importantes”, dice Hung Kiang Chang, Profesor del Instituto de Geociencias y Ciencias Exactas de la Universidad Estatal Paulista.

Oculto bajo fértiles tierras de un verde exuberante, el acuífero se extiende a lo largo de 1,2 millones de kilómetros cuadrados —tres veces el tamaño del mar Caspio—. Con reservas de más de 37 000 kilómetros cúbicos de agua dulce en sus poros

y fisuras de arenisca cuya antigüedad se remonta a entre 200 y 130 millones de años, es una fuente de agua potable y de abastecimiento para la industria, la irrigación agrícola y el turismo de aguas termales de la región.

“Es un asombroso recurso de agua subterránea transfronterizo que existe desde hace cientos de miles de años”, dice Chang. “El acuífero influye en la vida de millones de personas. Si desapareciese, el impacto sería enorme”.

El acuífero es particularmente importante para el Brasil, dado que este país utiliza alrededor del 90 % de los mil millones de metros cúbicos del total de agua extraída anualmente y 14 millones de personas dependen de ella, añade Chang.

El impacto de la civilización

Pese a que el acuífero permanece intacto en su mayor parte, la civilización ha pasado factura a esta reserva hídrica. “La naturaleza ha bendecido la región con un abundante suministro de agua, pero es insuficiente para satisfacer infinitamente todas las necesidades de la sociedad moderna”, dice Chang. “El consumo de agua va en aumento y la población se está expandiendo, y en algunas zonas la contaminación no controlada y el uso no regulado del agua pueden representar una amenaza”, explica. “El cambio climático también afectará profundamente a las precipitaciones y la evapotranspiración en las áreas de recarga del acuífero”, señala.

Las consecuencias de la sobreexplotación y la contaminación ponen en peligro las fuentes locales de abastecimiento de agua a causa de las deficientes condiciones sanitarias, que, a medio plazo, pueden derivar en un desequilibrio ecológico, por ejemplo, a causa de la proliferación bacteriana en los pozos que no se regulan adecuadamente durante su perforación, afirma Gerônimo Rocha, que acaba de jubilarse como coordinador de la Unidad de Preparación del Estado de Sao Paulo para el Proyecto Acuífero Guaraní.

Hasta hace poco tiempo, los cuatro países carecían de la información que necesitaban para comprender los efectos de la civilización en el acuífero y la forma de protegerlo mejor y de utilizarlo de manera sostenible. En consecuencia, desarrollaron conjuntamente el Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní, también conocido como Proyecto Guaraní.



“La principal motivación para impulsar el proyecto era de índole técnica”, dice Rocha. Plantea cuestiones en relación con las corrientes de agua del acuífero y la cantidad de agua renovable, cómo afectan la contaminación y la polución al acuífero, cuáles son las áreas de recarga y descarga, y su edad y composición química, dice Rocha. Además de los debates sobre la explotación no regulada de las aguas subterráneas, “estos y otros aspectos eran la base de las preocupaciones”, señala Rocha.

Con el apoyo de varias organizaciones internacionales, entre ellas el OIEA, el proyecto se diseñó con el objetivo de utilizar estudios científicos y técnicos para comprender el acuífero y determinar las medidas necesarias para protegerlo y utilizarlo de forma sostenible. Los países elaboraron políticas de protección y gestión sostenible del acuífero que también contemplaban aspectos institucionales, jurídicos, económicos y ambientales.

Cálculo de la edad del agua

El Proyecto Acuífero Guaraní se ejecutó entre 2003 y 2009, y el Programa Estratégico de Acción resultante vio la luz en 2011. Aunque como resultado del proyecto se crearon amplias bases de datos de información sobre el acuífero, “todavía hay mucho trabajo por hacer para proporcionar información adicional sobre el acuífero y sus características hidrológicas”, dice Luis Araguás-Araguás, especialista en hidrología isotópica del OIEA.

Desde entonces, los cuatro países han llevado a cabo varios proyectos de seguimiento, entre los cuales hay uno del OIEA en curso de ejecución, con el Brasil y la Argentina, para estudiar la edad del acuífero mediante la hidrología isotópica. Hasta el momento, el proyecto ha desvelado que el agua subterránea en las zonas centrales del acuífero tiene hasta 800 000 años de antigüedad.



Históricamente, la gestión del agua en la región se ha centrado sobre todo en el agua superficial, a pesar de la importante función de las fuentes de agua subterránea. “Ahora, después de este proyecto, existe más conciencia pública de las amenazas reales y potenciales para el acuífero”, dice Rocha. “La percepción de la población acerca de la importancia del acuífero es esencial para su gestión satisfactoria”.

BASE CIENTÍFICA

Hidrología isotópica

Las moléculas de agua contienen marcas únicas basadas en sus distintas proporciones de isótopos, que son elementos químicos con átomos que tienen el mismo número de protones, pero distinto número de neutrones en el núcleo. Pueden ser naturales o artificiales. Los radioisótopos son inestables y liberan energía constantemente, denominada radiactividad, conforme se van desintegrando para recuperar estabilidad. Los científicos pueden medir el período de tiempo que la mitad de los isótopos tarda en desintegrarse, denominado período de semidesintegración. Si se conoce el período de semidesintegración de un radioisótopo y el contenido isotópico en el agua u otras sustancias, los científicos pueden determinar la edad de las rocas y el agua que contienen esos radioisótopos.

Los isótopos estables no se desintegran y se mantienen constantes durante todo el período en que están presentes en el agua. Los científicos utilizan el distinto contenido isotópico en el agua superficial y el agua subterránea para determinar diversos factores y procesos, entre ellos las fuentes y la historia del agua, las condiciones pasadas y presentes de precipitación, la recarga de los acuíferos, la mezcla y las interacciones de las masas de agua, los procesos de evaporación, los recursos geotérmicos y los procesos de contaminación.

Las medidas de protección del agua y la participación de la comunidad hacen más sostenible la extracción de uranio en Tanzania

por Miklos Gaspar

Todo está preparado para extraer uranio en la República Unida de Tanzania, después de los recientes cambios introducidos en el marco regulador del país para adecuarlo a las recomendaciones del OIEA. Según los funcionarios de Tanzania y los expertos del OIEA, las consideraciones ambientales y la participación de la comunidad local en la supervisión del proceso de concesión de licencias y de las operaciones futuras contribuirán a la sostenibilidad del proyecto.



Muestreo de rocas que contienen uranio, emplazamiento en el río Mkuju (Tanzania).

(Fotografía: H. Tulsidas/OIEA)

Tanzania, que ha determinado la existencia de aproximadamente 60 000 toneladas de recursos de uranio, prevé iniciar la extracción en 2016 para explotar sus depósitos de uranio, como parte de los planes del país para aumentar la aportación del sector minero al producto interno bruto, del 3,3 % de 2013 al 10 % a finales de la década. Con sus reservas de oro y diamantes casi agotadas, el país está dirigiendo su atención al uranio. “Ahora es el momento de que el país se beneficie de sus

depósitos de uranio”, dice Iddi Mkilaha, Director General de la Comisión de Energía Atómica de Tanzania.

Tras los análisis preliminares, el Gobierno ha detectado media docena de emplazamientos con buenas perspectivas para la extracción y ha emitido licencias de prospección. Recientes estudios de viabilidad permitieron identificar un emplazamiento con perspectivas comerciales en breve plazo, dice Mkilaha, pero dada la posterior caída de los precios del uranio y las negociaciones en curso con empresas mineras extranjeras, las actividades de extracción no han comenzado todavía.

El Gobierno ha solicitado la asistencia del OIEA para adecuar la legislación y los procedimientos pertinentes a las normas de seguridad y ambientales y para asegurarse de que se apliquen las mejores prácticas antes del comienzo de las actividades de extracción, explica Mkilaha. “Queríamos beneficios para la gente de Tanzania y nos percatamos de que no teníamos en vigor la legislación apropiada para garantizar la seguridad de las actividades de extracción, procesamiento y transporte”, dice.

En el examen realizado se analizaron aspectos reglamentarios, sanitarios, de seguridad y ambientales, así como la sostenibilidad de las operaciones. El grupo formuló varias sugerencias en relación con el marco regulador y para garantizar que las actividades de extracción sigan las normas del OIEA y las buenas prácticas internacionales, especialmente las relacionadas con cuestiones de salud, seguridad y medio ambiente, afirma Harikrishnan Tulsidas, especialista en tecnología nuclear del OIEA que dirige el proyecto de Tanzania.

Enfoque holístico

Gracias a las aportaciones del OIEA, el Gobierno adoptó un enfoque más holístico para la extracción de uranio e introdujo reglamentación ambiental, en particular en la esfera de la protección del agua, dice Mkilaha. “No nos habíamos percatado antes de la importancia de vigilar las corrientes de agua y el agua subterránea en los alrededores de las futuras zonas de extracción”, dice, y añade que al comienzo del proyecto del OIEA se habían tomado mediciones de referencia para determinar la concentración de los distintos minerales y sustancias químicas presentes en el agua. “Podremos vigilar la actividad por comparación con estos valores”, explica.

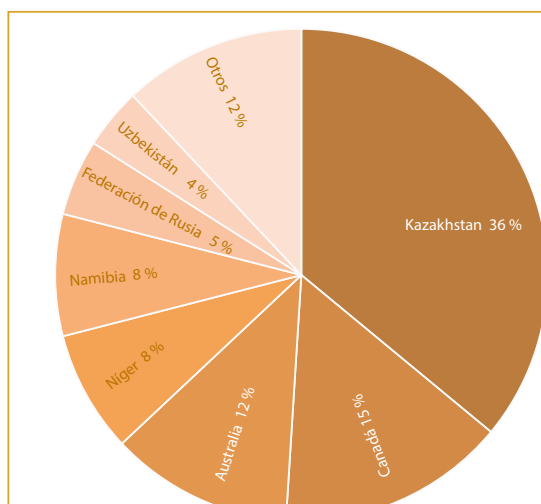
Los expertos y los encargados de la formulación de políticas de Tanzania también percibieron la importancia de contar con la aprobación de la comunidad local con antelación,



dice Mkilaha. “Comprendimos que mediante la participación de la comunidad podíamos reducir la posible resistencia al proyecto”.

Las autoridades han procurado la participación de la población local por medio de una serie de reuniones, entre otras cosas sobre oportunidades de empleo, dice Mkilaha. El grupo de investigación que lleva a cabo la prospección de uranio “ya ha contratado trabajadores locales y la comunidad ve el proyecto como una oportunidad económica para la zona”, afirma. Siguiendo las recomendaciones del OIEA, el Gobierno, en consulta con los dirigentes comunitarios, elaborará un plan de vigilancia ambiental y constituirá un comité de consulta comunitario, presidido por un representante local, para vigilar constantemente las operaciones, especialmente desde el punto de vista de la sostenibilidad ambiental.

El examen también mostró la necesidad de una clara separación de responsabilidades dentro del Gobierno, a fin de que su participación como asociado estratégico no comprometa su función reguladora. “Había un posible riesgo y conflicto de intereses en lo previsto originalmente”, explica Tulsidas. Como resultado de las recomendaciones, se ha reforzado la función reguladora del Ministerio de Comunicación, Ciencia y Tecnología y se han creado dependencias funcionales especializadas encargadas de la supervisión en el Ministerio de Comunicación, Ciencia y Tecnología y en el Ministerio de Energía y Minerales.



Producción de uranio en 2012: 58 816 toneladas

Fuente: OIEA

Una segunda vida para los desechos de la extracción de minerales

Los expertos del OIEA también ayudaron a Tanzania a elaborar planes para extraer uranio de colas o vertederos de minas resultantes de la extracción de oro y fosfatos. “Antes se consideraban desechos, pero ahora analizaremos la manera de poder sacarles utilidad económica,” dice Tulsidas.

Merced a la recuperación del precio del uranio y los avances en las negociaciones con los inversores, la primera mina probablemente comenzará a funcionar en 2016 en la zona del río Mkuju, a unos 470 kilómetros al sudoeste de la capital, Dar es Salaam, dice Mkilaha.

Hugo Cohen Albertini también contribuyó a este artículo.

BASE CIENTÍFICA

Extracción de uranio

Como otros minerales, el uranio se suele extraer con tecnología de mina a cielo abierto cuando el mineral está cerca de la superficie, y mediante minería subterránea si está a mayor profundidad. La minería subterránea requiere un elevado nivel de ventilación para reducir la exposición de los trabajadores al gas radón. El radón se produce durante el proceso natural de desintegración del uranio.

Típicamente, el mineral contiene entre varios cientos de partes por millón y un 20 % de uranio. El mineral se transporta desde las minas convencionales hasta plantas de tratamiento o fábricas en las que los óxidos de uranio se separan del mineral. Cuando las condiciones geológicas lo permiten, se pueden bombear sustancias químicas dentro

del suelo para disolver el uranio, en lo que se denomina operaciones de recuperación in situ. Mediante la inyección de soluciones alcalinas débiles, como las que se elaboran a partir de bicarbonato sódico, o bien de soluciones ácidas en el mineral a través de tuberías, los mineros separan el uranio del mineral y vuelven a bombear la solución resultante a la superficie para recuperar el uranio.

Se producen casi 60 000 toneladas de uranio al año en todo el mundo. Kazajstán, el Canadá y Australia son los tres mayores productores y entre ellos suman prácticamente dos tercios de la producción mundial de uranio (véase el gráfico).

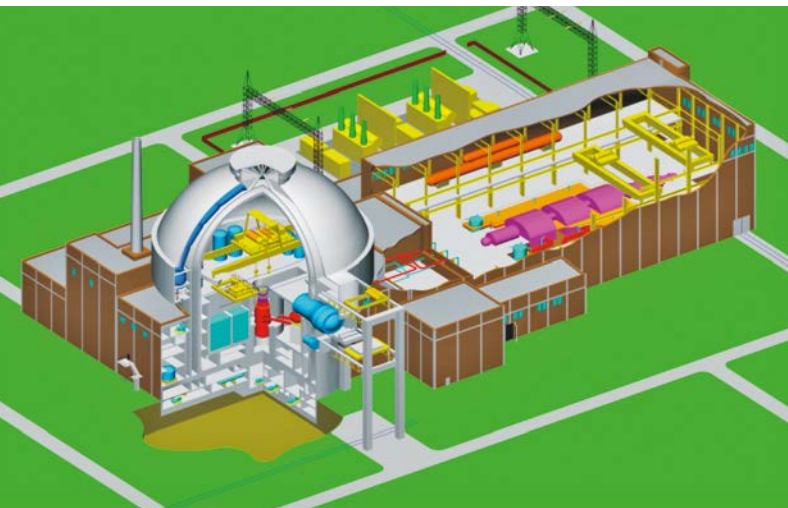
Para la utilización tecnológica y físicamente segura de la energía nuclear en Turquía

por Adem Mutluer

La energía nucleoelectrica desempeñará una función esencial en la futura estrategia energética de Turquía a medida que el país avance hacia la consecución de la seguridad del suministro de energía, a la vez que afronta el reto de limitar las emisiones que contribuyen al cambio climático.

La demanda de electricidad de la pujante economía de Turquía crece más de un 5 % al año, pero el país depende de recursos importados para atender el 73 % de sus necesidades de energía actuales. El nuevo programa nucleoelectrico de Turquía tiene por objeto suministrar al menos el 10 % de la energía del país en 2023, de acuerdo con la Dirección General de Asuntos Energéticos del Ministerio de Energía y Recursos Naturales de la República de Turquía.

La estrategia energética comprende dos centrales nucleares con un total de ocho unidades de reactor que estarán en funcionamiento en 2028 y una tercera central, que estará en construcción en 2023, afirmó Emine Birnur Fertekligil, Representante de Turquía ante el OIEA. “Las aplicaciones de la tecnología nuclear con fines pacíficos son muy importantes, no solo en el ámbito de la energía, sino también en otras esferas del desarrollo sostenible”.



Disposición de un reactor de agua a presión WWER-1200. Se prevé construir cuatro unidades similares en Akkuyu.

(Image: Hidropress)

Adopción de las medidas necesarias

Turquía ha recurrido al OIEA en busca de asesoramiento y asistencia a fin de adoptar las medidas necesarias para desarrollar un programa de energía nuclear seguro, dijo Fertekligil. “Turquía se compromete a avanzar en el desarrollo

de su programa nucleoelectrico de una forma tecnológica y físicamente segura y con salvaguardias”, afirmó.

En 2013, se dispuso un equipo de expertos internacionales para realizar un Examen Integrado de la Infraestructura Nuclear (INIR) del OIEA con objeto de ayudar a Turquía a evaluar su preparación para desarrollar un programa nucleoelectrico. Veinticinco instituciones turcas colaboraron en la misión, en cuyo marco se formularon recomendaciones y sugerencias, además de definirse varias buenas prácticas.

“La misión INIR de 2013 aportó recomendaciones esclarecedoras que Turquía utilizó para desarrollar un plan de acción nacional”, afirmó Necati Yamaç, Jefe del Departamento de Ejecución de Proyectos de Energía Nuclear del Ministerio de Energía y Recursos Naturales. “La modificación o redacción de nuevas leyes exige mucha preparación y, en el caso de Turquía, esta labor ha llevado cerca de dos años. La misión INIR incentivó los debates entre los distintos ministerios y nos ayudó a descubrir nuevos enfoques y conceptos”, señaló.

Las misiones INIR están destinadas a ayudar a los Estados Miembros del OIEA a medir sus progresos en relación con el cumplimiento de los requisitos para disponer de un programa nucleoelectrico tecnológica y físicamente seguro. En ellas se analizan todas las facetas de un programa nucleoelectrico, que abarcan desde la creación de un órgano regulador y otros requisitos jurídicos, hasta la compañía eléctrica que explota la central y las partes interesadas pertinentes del Gobierno que colaboran.

Mirarse al espejo

Uno de los beneficios de las misiones INIR es la autoevaluación inicial que el país realiza antes del comienzo de la misión.

La autoevaluación es un proceso útil porque implica interacciones y conversaciones entre las organizaciones que participan en el desarrollo de la infraestructura, afirmó Anne Starz, Jefa interina de la Sección de Ingeniería Nucleoelectrica del OIEA. En el caso de Turquía, participaron 25 organizaciones, añadió.

Este proceso nos ha “ayudado a ser conscientes del importante cometido que sigue desempeñando el gobierno, incluso en un proyecto CPE [construcción-propiedad-explotación]”, afirmó Yamaç. La adopción del enfoque CPE para el desarrollo de un programa nucleoelectrico conlleva que la central del país anfitrión pertenezca íntegramente a los inversores que aportan la financiación y la tecnología.



El camino hacia un programa nucleoelectrico

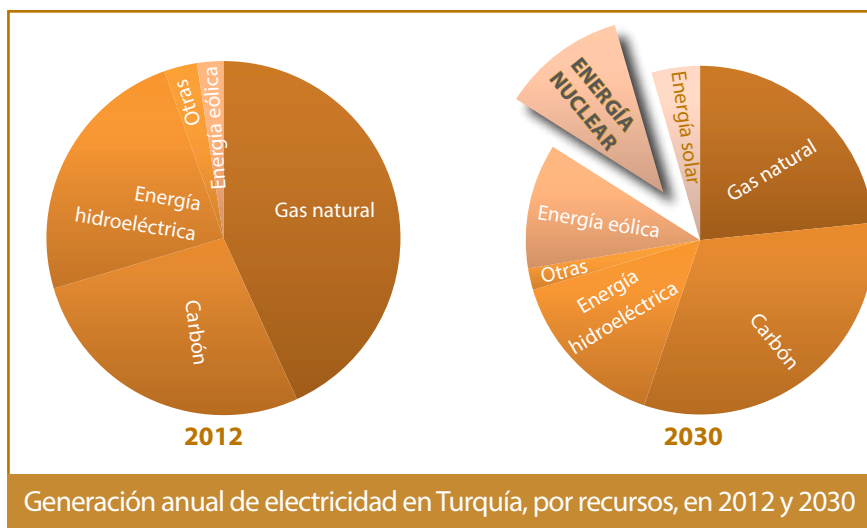
En su camino hacia el establecimiento de su primera central nuclear, Turquía ha elaborado antes cuatro planes para introducir después la energía nuclear. El primero data de finales del decenio de 1970, cuando se concedió una licencia para un emplazamiento en Akkuyu, en la costa del Mediterráneo oriental, y el último de 2008, cuando Turquía publicó un llamado a licitación.

En 2010, Turquía y la Federación de Rusia firmaron un acuerdo para la construcción y explotación de una central nuclear en el emplazamiento de Akkuyu, y tres años más

tarde se suscribió un acuerdo intergubernamental con el Japón para elaborar un segundo proyecto de central nuclear en el emplazamiento de Sinop, en el mar Negro.

Además de realizar la misión INIR, hace poco el OIEA también pasó revista a los proyectos de ley sobre energía nuclear de Turquía. El derecho nuclear de Turquía aborda la seguridad tecnológica y física y las salvaguardias. En agosto de 2014 se sometió al examen del OIEA una ley específica sobre responsabilidad civil por daños nucleares.

Turquía procura aprender de otros países a medida que recorre el camino hacia un programa nucleoelectrico. Mediante la organización de varias visitas técnicas a otros países que utilizan la energía nuclear, Turquía puede adquirir un mayor conocimiento de los retos a los que se enfrentan en la esfera de



Fuente: Dr. Z. Demircan/Dirección General de Asuntos Energéticos, Compañía Turca de Transmisión de Electricidad

la tecnología nuclear y de las soluciones a estos, dijo Yamaç. “Para nosotros, observar la experiencia de otros países es una buena forma de aprender”, afirmó.

Peter Rickwood también contribuyó a este artículo.

BASE CIENTÍFICA

Central nuclear

Una central nuclear genera electricidad utilizando el calor resultante de una cadena controlada de reacciones nucleares, proceso en el que una sola reacción nuclear desencadena una serie de reacciones nucleares posteriores que provocan la liberación de grandes cantidades de energía. Las reacciones se producen en el interior del reactor nuclear, que es un dispositivo diseñado para iniciar y controlar una reacción nuclear en cadena mantenida. Existen muchos tipos de reactores nucleares. Cada uno de ellos tiene distintos diseños y utiliza diferentes mecanismos, agua o gas, para generar energía eléctrica.

El tipo de reactor que se utilizará en la central de Turquía situada en el emplazamiento de Akkuyu es un reactor de potencia refrigerado y moderado por agua (WWER). Este tipo de reactor utiliza el calor producido por la reacción nuclear en cadena para calentar el agua que circula por un compartimento independiente dentro del reactor. A continuación, el agua calentada en el reactor se presuriza y es bombeada a través

de cientos o miles de tubos en un generador de vapor, en el que esa agua calienta un compartimento adyacente que contiene agua. Esto hace que el agua del compartimento adyacente hierva y produzca vapor. El agua calentada en el reactor vuelve a su compartimento en el reactor para comenzar de nuevo el ciclo, mientras que el vapor entra en turbinas que funcionan con vapor y accionan generadores eléctricos conectados a una red eléctrica diseñada para la distribución de electricidad. Después de pasar por la turbina, el vapor se enfría y se vuelve a convertir en líquido dentro de un condensador para que comience nuevamente el proceso. La electricidad producida mediante este proceso se denomina energía nucleoelectrica.

Más vale prevenir que curar: aumentar la seguridad de la gestión de los desechos radiactivos

por Miklos Gaspar

El espacio era una preocupación para Abderrahim Bouih. Encargado de gestionar los desechos radiactivos de Marruecos desde 2006, había previsto desde hacía mucho tiempo que la única instalación de almacenamiento de desechos radiactivos del país se vería desbordada en 2019. Gracias a una nueva metodología que él sus compañeros descubrieron por medio de un proyecto del OIEA, ahora son capaces de desmontar detectores de humo, pararrayos y otros desechos que contienen materiales radiactivos, separando de forma segura los componentes radiactivos del metal y reduciendo considerablemente la cantidad de desechos radiactivos que deben almacenar.

“Hemos condensado 60 bidones de desechos en solo 2”, afirmó Bouih, Jefe del Departamento de Recogida, Tratamiento y Almacenamiento de Desechos Radiactivos del Centro Nacional de Energía, Ciencias y Tecnologías Nucleares de Marruecos. “De este modo nuestro emplazamiento no se llenará hasta que pasen otros 16 años”.



Trabajadores colocando fuentes radiactivas en un contenedor de transporte para su envío a Francia.

(Fotografía: C. Roughan/OIEA)

Gestión integral

Las fuentes radiactivas se utilizan de forma generalizada en todo el mundo en una amplia gama de sectores, como la industria, la construcción, la medicina, la agricultura y la investigación. La adopción de un enfoque integral para gestionar las fuentes radiactivas durante toda su vida útil aumenta la seguridad tecnológica y física, y permite a los países salvar limitaciones para obtener fuentes radiactivas de los proveedores.

“Es fundamental que las fuentes radiactivas estén debidamente etiquetadas y registradas desde el principio, y que existan mecanismos de control apropiados para su rastreo durante todo su ciclo de vida, desde el fabricante hasta el usuario, y

en última instancia hasta su disposición final segura”, dijo Juan Carlos Lentijo, Director de la División del Ciclo del Combustible Nuclear y de Tecnología de los Desechos del OIEA. El momento más crítico del ciclo de vida de las fuentes radiactivas es “cuando dejan de tener valor y se convierten en una carga para el usuario”, señaló.

En Marruecos hay miles de productos que contienen desechos radiactivos de actividad baja. Bouih y sus compañeros reciben periódicamente llamadas de las autoridades locales y de empresas de todo el país para que recojan sus desechos. “La próxima semana iremos a un viejo hotel a recoger 200 detectores de humo”, afirmó. Las antiguas generaciones de detectores de humo y pararrayos suelen contener una pequeña fuente radiactiva como componente activo del dispositivo.

Devolución a Francia para su reprocesamiento

Otro de los resultados de la colaboración de Marruecos con el OIEA fue la devolución por primera vez a Francia de tres viejas máquinas de radioterapia utilizadas en imagenología médica para su reprocesamiento el pasado año. “Poder brindar una solución segura para nuestros desechos radiactivos fue un paso importantísimo para nosotros”, dijo Bouih. Por lo general, los componentes radiactivos utilizados en las máquinas de radioterapia son más peligrosos para la salud humana y el medio ambiente, y si no se gestionan de forma segura también pueden ser más vulnerables a los peligros o usos indebidos que la mayoría de las fuentes más benignas utilizadas en las aplicaciones industriales y la investigación. Marruecos, al igual que la mayoría de los demás países que carecen de industria nuclear, no está debidamente equipado para gestionar desechos con altos niveles de radiactividad. El OIEA organizó, vigiló y supervisó el proceso de repatriación.

Almacenamiento seguro de fuentes radiactivas en Montenegro

En Montenegro, otro país que participó en el proyecto, expertos del OIEA y funcionarios locales se ocuparon de 98 de las fuentes radiactivas del país en un ejercicio conjunto llevado a cabo el año pasado. Esto permitió al personal del Centro de Investigaciones Ecotoxicológicas de Montenegro aprender la técnica para desmontar fuentes radiactivas y colocarlas en almacenamientos seguros mediante un proceso denominado acondicionamiento, indicó Tamara Djurovic, Jefa del Departamento para la Protección del Aire, el Ruido y la Radiación del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Turismo de Montenegro.



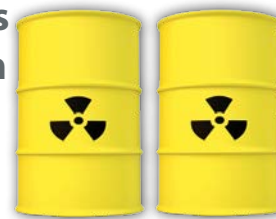
La mayoría de los desechos radiactivos de que Montenegro debe ocuparse proceden de usos militares, explicó. A título ilustrativo comentó que el país tenía que desmontar más de 7000 brújulas militares. Estas brújulas contienen radio, y el Centro está esperando la decisión final del Gobierno antes de iniciar la labor de acondicionamiento. “Incluso mientras esperamos su visto bueno, hemos sido capaces de reembalar nuestras fuentes y evitar la emisión de radón”, dijo. “Ahora mismo estas fuentes están seguras en barriles de acero inoxidable”.

El país, también ha aprobado una nueva política sobre la manipulación segura de materiales radiactivos, después de un curso del OIEA para responsables de la formulación de políticas sobre esta materia. “Tras el curso, pudimos reajustar nuestra estrategia y formulación de políticas sobre la gestión de estas fuentes”, afirmó.

Armonización de políticas en la región del Mediterráneo

Tanto Marruecos como Montenegro están participando entre 2012 y 2015 en un proyecto interregional para ayudar a los países de la región del Mediterráneo a establecer un control adecuado y permanente de sus fuentes radiactivas. El proyecto respaldó un enfoque armonizado coherente con las normas de seguridad del OIEA y otras prácticas óptimas internacionales. Tenía como objetivo definir y establecer políticas y enfoques coordinados para el control y el movimiento de fuentes radiactivas y también ha contribuido a fortalecer las capacidades de reglamentación y gestión. Asimismo, el proyecto ha fomentado la cooperación entre los países de la

En Marruecos
60 bidones
de desechos radiactivos
de actividad baja caben
ahora en tan solo
2 bidones



región para abordar cuestiones de interés común en relación con el uso del mar Mediterráneo como vía para el transporte de sustancias radiactivas.

Adem Mutluer también contribuyó a este artículo.

BASE CIENTÍFICA

Acondicionamiento de fuentes

El acondicionamiento es la primera medida de envergadura para la gestión de desechos procedentes de fuentes radiactivas, que son materiales radiactivos artificiales utilizados en la industria, la medicina, la agricultura y la investigación. Da como resultado un bulto adecuado para la manipulación, el almacenamiento, el transporte o la disposición final del material.

Mediante la técnica más simple se gestiona la fuente sin extraerla de su dispositivo o blindaje original, colocando el dispositivo que contiene la fuente en hormigón. Esta operación puede ser irremediable o remediable en función de si se realiza con fines de almacenamiento temporal o final.

Cuando se utiliza una técnica más compleja, la fuente se extrae de su dispositivo original y se procede a su reencapsulamiento —posiblemente junto con otras fuentes— en una nueva cápsula de acero inoxidable diseñada para este fin. La cápsula se suele guardar en un contenedor especial para desechos.



Verificación del nivel de radiactividad de una cápsula que contiene fuentes acondicionadas de cesio 137. (Fotografía: J. Balla/OIEA)

Conversión gradual de los reactores de investigación para lograr un mundo más seguro

por Adem Mutluer

Durante la noche del 29 de septiembre de 2014, un avión de transporte pesado despegó de una base aérea en Kazajstán después de una operación destinada a retirar combustible y aumentar la seguridad de un reactor de investigación.

En su compartimento de carga había cuatro enormes contenedores, proporcionados por el OIEA, que habían llenado con un total de 10,2 kilogramos de uranio muy enriquecido (UME), y se transportaban para su dilución en una sustancia inocua o su almacenamiento seguro en el destino del vuelo, en Rusia.



Reactor de investigación de Alatau (Kazajstán)

(Fotografía: P. Chakrov/Instituto de Física Nuclear)

La operación representaba el último logro de un programa mundial en el que participan el OIEA, la Federación de Rusia y los Estados Unidos para ayudar a varios países, entre ellos Kazajstán, a eliminar los riesgos asociados al UME, a la vez que se prosiguen las importantes investigaciones científicas llevadas a cabo en el reactor. El UME es un riesgo para la seguridad, dado que se trata de un ingrediente que puede ser utilizado para crear un dispositivo nuclear destinado a usos dolosos. No se recomienda la utilización de UME en reactores de investigación, pues en su lugar se puede usar uranio poco enriquecido (UPE), que es más seguro (véase el recuadro). En los decenios de 1960 y 1970, época en la que se construyeron muchos de los reactores de investigación del mundo, no existía todavía la tecnología que emplea UPE, por lo que

para llevar a cabo experimentos se necesitaba combustible de UME. A partir del próximo año, se utilizará UPE, que es menos estratégico desde el punto de vista de la proliferación, para alimentar el reactor de investigación de agua ligera de Alatau, cerca de Almaty, la ciudad más grande de Kazajstán.

Continuación de las actividades de investigación

“Estoy absolutamente convencido de que el reactor continuará funcionando igual que en la actualidad después del cambio”, afirmó Petr Chakrov, Director General interino del Instituto de Física Nuclear, de Alatau. “Además, creemos que el nuevo núcleo tendrá el doble de capacidad para producir varios radioisótopos médicos y de otro tipo más adelante”, dijo al referirse a la parte del reactor que contiene los componentes de combustible nuclear en los que se producen las reacciones nucleares.

El reactor de agua ligera de 6 megavatios de Alatau se utiliza para distintos propósitos, en particular la investigación científica, la producción de isótopos con fines médicos y el ensayo de materiales para su uso en la industria. Por ejemplo, el reactor produce molibdeno 99, un importante radioisótopo médico utilizado en el 70 % de los procedimientos de medicina nuclear de todo el mundo, y del que dependen decenas de millones de procedimientos médicos cada año (véase el artículo relacionado con la cuestión, en la página 12).

Antes de que comenzara la puesta en marcha de la conversión del reactor para que utilizara UPE, los científicos realizaron estudios de postirradiación de combustible de UPE a fin de determinar la idoneidad del reactor para su conversión con ese propósito. El OIEA facilitó el equipo para esta investigación, explicó Chakrov. Mediante el análisis de especímenes irradiados con diferentes dosis de radiación, y la elaboración de modelos de las condiciones en las que el UPE se utilizaría en el reactor tras su conversión, los científicos confirmaron que el reactor cumplía las condiciones para utilizar UPE de una forma segura y manejable, afirmó.

“La adquisición de este equipo por parte del OIEA era absolutamente imprescindible para que el proyecto se llevara a cabo y para darnos confianza para avanzar”, dijo Chakrov.

Retirada progresiva

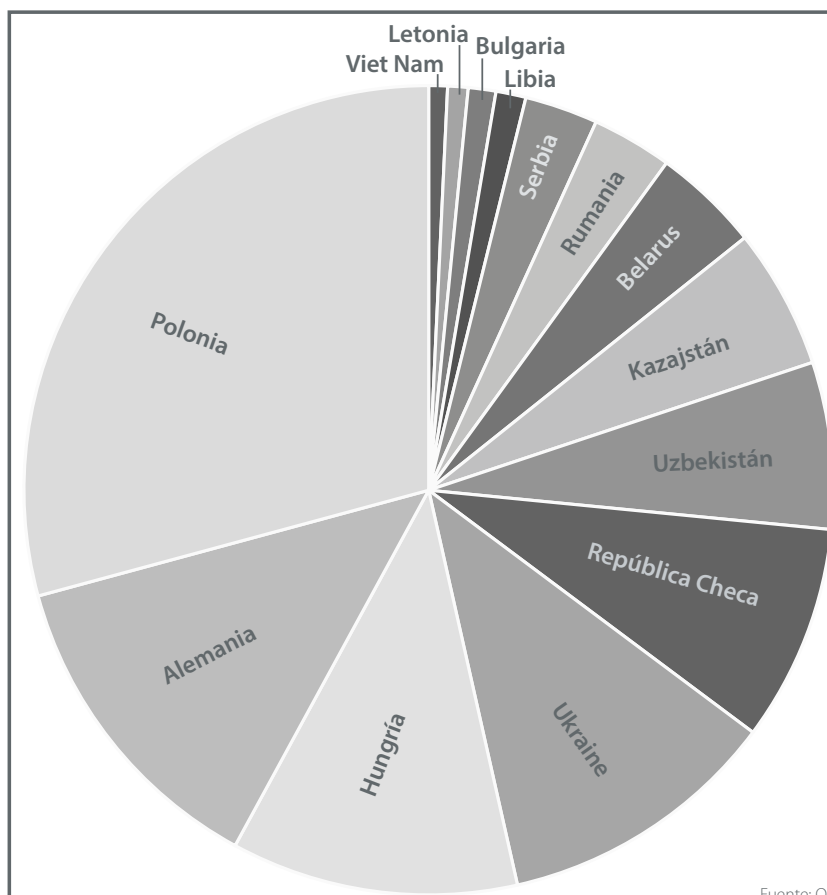
Los contenedores de combustible que viajaban en el avión en septiembre representan uno de los distintos lotes de combustible que se repatriarán desde Alatau. El reactor se desactivará temporalmente en julio de 2015 al objeto de dejar margen para un período de enfriamiento de seis meses.



Durante ese tiempo se sustituirá el sistema de instrumentación y control del reactor, antes de que se efectúe el cambio de combustible. El reactor se volverá a poner en marcha en enero de 2016, utilizando UPE.

“Habida cuenta de los riesgos que entraña el UME, más de 2150 kilogramos de UME, suministrados por la antigua Unión Soviética, han sido repatriados a la Federación de Rusia en 60 envíos desde 14 países en el marco de la Iniciativa Tripartita de Rusia, los Estados Unidos y el OIEA, denominada a menudo Programa de Devolución de Combustible de Origen Ruso para Reactores de Investigación (RRRFR) (véase el gráfico)”, dijo Sandor Tozser, ingeniero nuclear en la Sección de Reactores de Investigación del OIEA. “El OIEA actúa en calidad de administrador y aporta conocimientos técnicos y equipo”, explicó. La repatriación de combustible de UME desde el reactor de Alatau forma parte de este programa.

Peter Rickwood también contribuyó a este artículo.



Fuente: OIEA

Desglose por país, a finales de 2014, del UME repatriado a Rusia en el marco del Programa de Devolución de Combustible de Origen Ruso para Reactores de Investigación.

BASE CIENTÍFICA

Enriquecimiento de uranio

El uranio muy enriquecido se ha utilizado tradicionalmente en reactores de investigación con fines científicos. El uranio es un elemento natural, y el uranio 235 (^{235}U) y el uranio 238 (^{238}U) son isótopos de uranio, lo que significa que tienen el mismo número de protones que el uranio, pero un número diferente de neutrones. Cuando el uranio se extrae del suelo, la masa contiene solo un 0,7 % de ^{235}U , el elemento fisionable, y un 99,3 % de ^{238}U , que es estable y no experimenta reacciones nucleares. Enriquecer el uranio equivale a aumentar el porcentaje de ^{235}U en la masa. Las centrales nucleares en funcionamiento en todo el mundo suelen utilizar uranio enriquecido entre el 4 % y el 7 %.

El enriquecimiento se puede realizar de varias maneras, que en todos los casos comprenden la utilización de un método denominado separación de isótopos. La separación de isótopos es el proceso consistente en concentrar isótopos específicos de

un elemento químico mediante la eliminación de otros isótopos. En este caso, la separación de isótopos se utiliza para aumentar la concentración de ^{235}U en una masa de uranio. El método más habitual y eficaz de llevar a cabo este proceso emplea una centrifugadora, un dispositivo especializado que pone un objeto en rotación en torno a un eje fijo, aprovechando la diferencia de masa atómica entre el ^{238}U y el ^{235}U . Cuando la centrifugadora gira, separa el ^{235}U del ^{238}U , lo que permite concentrar más o enriquecer el ^{235}U para su uso. El proceso de enriquecimiento puede llevarse a cabo para generar distintos niveles de ^{235}U enriquecido; sin embargo, no se trata de un proceso sencillo y requiere tiempo, conocimientos especializados y gastos. El uranio enriquecido que contiene más del 20 % de ^{235}U se considera UME.

La protección del patrimonio cultural de Rumania mediante la tecnología nuclear

por Aabha Dixit

Conservar el patrimonio artístico y cultural es un anhelo común de la comunidad mundial. El pasado desempeña un papel importante a la hora de comprender la forma de vida de las personas, razón por la cual el padre Ioan, sacerdote de una iglesia ortodoxa del pueblo de Izvoarele, en las laderas meridionales de los Cárpatos (Rumania), estaba desesperado por salvar el conjunto de iconos venerados del siglo XIX de su parroquia. Al toparse con una situación alarmante, cuando descubrió insectos dentro de su iglesia, el padre Ioan acudió en busca de ayuda a una fuente muy poco habitual —el tratamiento por irradiación— para evitar más ataques de los parásitos.



La radiación gamma se utilizó para erradicar los insectos que estaban destruyendo el iconostasio del siglo XIX de la sagrada vaivoda de la iglesia de Miguel y Gabriel, en el pueblo de Izvoarele. Después del tratamiento, los artesanos locales trabajaron para restaurar esta valiosa obra de arte y devolverle todo su esplendor.

(Fotografía: A. Socolov/Instituto Nacional Horia Hulubei de Física e Ingeniería Nuclear)

La carcoma estaba devorando la obra de arte sagrada, conocida como iconostasio, de esta vieja iglesia de una pintoresca aldea de 800 casas, situada 120 kilómetros al norte de Bucarest. “Era mi obligación tomar medidas. Al principio, comencé inyectando soluciones químicas en los agujeros hechos por los insectos. Dado que los iconos son objetos gruesos, la solución inyectada no penetró hasta el origen de ataque de la carcoma y no tuvo ningún efecto. Por eso busqué una solución mejor”, afirmó el padre Ioan.

Llevó el iconostasio infestado de insectos al Centro de Tratamiento por Irradiación IRASM, en Bucarest, donde el personal lo recibió con asombro. “Había oído hablar de nosotros en la televisión. Llegó solo, sin haber llamado antes por teléfono”, dice Valentin Moise, Director del Centro, que forma parte del Instituto Nacional Horia Hulubei de Física e Ingeniería Nuclear.

El método tradicional para erradicar insectos, como la carcoma, consiste en inyectar veneno en forma gaseosa o líquida en todos los agujeros creados por el insecto y sellarlos con cera. El veneno debe llegar a la zona en la que el insecto vive y se reproduce; no obstante, a menudo no se eliminan todos los insectos. El tratamiento químico es un proceso largo y costoso que también expone a las personas a gases nocivos. En comparación con él, el tratamiento por irradiación requiere menos tiempo, es económico y elimina por completo los insectos.

Rumania es uno de los 18 Estados Miembros que han recibido apoyo para mejorar las técnicas de irradiación y análisis en Europa a través de proyectos del OIEA. Este apoyo ha desencadenado un aumento notable del número y los tipos de artefactos del patrimonio cultural analizados y tratados, afirma Sunil Sabharwal, especialista en tratamiento por irradiación del OIEA. Los procedimientos comprenden desde la desinfección de iglesias de madera y libros antiguos hasta la caracterización de joyas, paños tejidos y monedas. La cooperación con respecto a la caracterización y la preservación de los artefactos mediante el uso de la ciencia y la tecnología nucleares es una meta importante de los proyectos del OIEA de conservación del patrimonio cultural, afirma Sabharwal.

Reliquias frente a hongos, insectos y bacterias

A fin de conservar sus antigüedades históricas, los científicos rumanos utilizan habitualmente los rayos gamma para el tratamiento de los artefactos. Almacenada en una piscina de agua de seis metros de profundidad en el Centro de Tratamiento por Irradiación IRASM, en Bucarest, la fuente de los potentes rayos gamma, al activarla, puede matar bacterias, insectos y hongos (véase el recuadro). La radiación gamma hace milagros en la conservación de los artefactos mediante la destrucción de los “agresores biológicos”, explica Moise.

La radiación se utiliza cada vez más con fines de conservación. “La protección de nuestro patrimonio cultural comenzó hace 30 años, cuando no había instalaciones de tratamiento por irradiación a gran escala en Rumania”, dice Moise. “Mediante esta tecnología hemos podido desinfectar varios objetos antiguos, desde libros religiosos con 500 años de antigüedad plagados de hongos hasta los valiosos iconos de la iglesia ortodoxa de Izvoarele”.

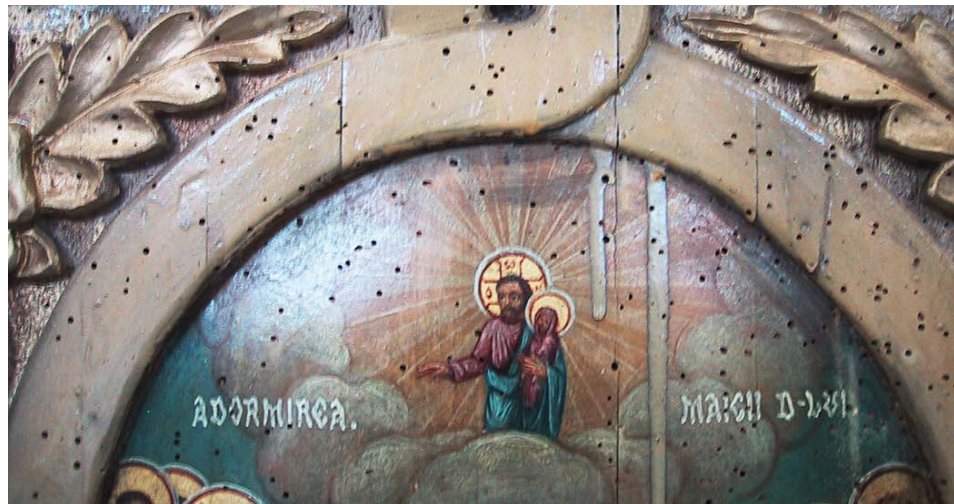
Antes de irradiar los artefactos, estas delicadas piezas históricas se someten a examen para determinar el alcance y el tipo de contaminación, las soluciones químicas utilizadas en

labores anteriores de restauración, y la dosis exacta de radiación necesaria, explica Moise.

“Uno de los mayores problemas que hemos tenido fue convencer al mundo del arte de que la radiación no destruiría los artefactos, dado que la tecnología utilizada es inocua. Se produce cierta confusión cuando se pronuncia la palabra ‘radiación’”, afirma Moise. “No daña estos valiosos artefactos; no pasan a ser radiactivos y es un método rápido y efectivo”.

También se han sometido a tratamiento con radiación gamma, con resultados satisfactorios, cuadros, ropa e instrumentos musicales. Los expertos del IRASM trataron toda la colección del museo Theodor Aman de Bucarest, que había tenido que cerrar en 2004 debido a la contaminación por hongos y otros organismos biológicos de sus objetos antiguos causada por la humedad. Tras su completa renovación, el museo volvió a abrir sus puertas en 2013.

“Muchos artefactos están hechos con materiales orgánicos naturales. Se encuentran en riesgo de biodegradación y de convertirse en alimento para los insectos y microorganismos”, afirma Corneliu Ponta, ex Jefe del Centro de Tratamiento por Irradiación IRASM, que desempeñó un papel fundamental en el trabajo del Centro relativo al uso de la radiación gamma para descontaminar los artefactos del museo Theodor Aman.



Superior: Un iconostasio de madera degradado e infestado de insectos en la iglesia Fuente de Curación, del siglo XX, situada en el pueblo de Izvoarele, fue irradiado con radiación gamma antes de que los restauradores locales de arte realizaran su labor de reparación.

(Fotografía: C. Ponta/Instituto Nacional Horia Hulubei de Física e Ingeniería Nuclear)



Izquierda: Icono de madera dañado que pertenecía a una colección de 33 iconos de madera que se enviaron desde el Complejo Museológico Nacional de la República de Moldova para su tratamiento por irradiación en el Centro de Tratamiento por Irradiación IRASM.

(Fotografía: Complejo Museológico Nacional de la República de Moldova)

BASE CIENTÍFICA

La radiación gamma protege los artefactos culturales

La radiación gamma, también conocida como rayos gamma, es radiación electromagnética de frecuencia extremadamente alta. Se emite en forma de fotones de alta energía, que son partículas elementales con propiedades características de las ondas.

Los rayos gamma son un tipo de radiación ionizante. A los niveles de dosis utilizados para proteger los artefactos culturales, este tipo de radiación ionizante inhibe la reproducción de microbios a temperatura ambiente sin ningún contacto físico y, por consiguiente, representa una alternativa más adecuada que los métodos de descontaminación convencionales basados en tratamientos térmicos o químicos. Las ondas electromagnéticas de alta frecuencia y alta energía

interactúan con componentes críticos de las células. A los niveles de estas dosis, pueden alterar el ADN e inhibir así la reproducción celular.

El tratamiento de artefactos culturales mediante la tecnología de la irradiación es similar al utilizado para la esterilización de productos sanitarios. Los artefactos del patrimonio cultural se exponen a la radiación gamma de una fuente de cobalto 60 en la instalación de irradiación.

Iniciativa sobre los Usos Pacíficos: reseña de distintos proyectos actuales y futuros

La Iniciativa sobre los Usos Pacíficos, que ha prestado apoyo a más de 170 proyectos, de los que se han beneficiado más de 130 Estados Miembros, ha sido un mecanismo eficaz de captación de nuevos recursos para satisfacer las necesidades de estos. El OIEA espera continuar desarrollando esta iniciativa a fin de ampliar más los beneficios de los usos pacíficos de la ciencia y la tecnología nucleares en la promoción de objetivos de desarrollo amplios.

A continuación se presenta una reseña de algunos de los proyectos actuales y futuros más importantes que reciben el apoyo de la Iniciativa sobre los Usos Pacíficos y para los que se precisan aportaciones financieras adicionales.

Para obtener más información, véase: www.iaea.org/newscenter/focus/peaceful-uses-initiative.

Gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos en la región del Sahel

Duración: 2012 a 2016, con posibilidad de prórroga
Presupuesto estimado: €5,8 millones de euros

Los recursos de agua dulce se están agotando en la región del Sahel, una zona que abarca 13 países, desde África occidental hasta África central y septentrional. La gestión eficaz de los recursos hídricos existentes en estos países es fundamental para asegurar un abastecimiento suficiente de agua en la región.

Este proyecto tiene por objeto asistir a esos Estados Miembros en el desarrollo de enfoques integrados y sostenibles para la gestión de los recursos hídricos. En su marco se imparte capacitación a los profesionales, se realizan adquisiciones

de equipo y se prestan servicios de laboratorio, y se llevan a cabo misiones de asesoramiento de expertos sobre el terreno. El proyecto se puso en marcha en 2012, con el apoyo del Fondo de Cooperación Técnica (FCT) y de contribuciones extrapresupuestarias por conducto de la Iniciativa sobre los Usos Pacíficos, y desde entonces se han alcanzado logros importantes, como la elaboración de un informe técnico preliminar a partir de las primeras campañas de muestreo y la mejora de las capacidades de los profesionales y las instituciones nacionales con respecto al uso de técnicas nucleares para determinar los recursos hídricos.

Para obtener más información, véase: www.iaea.org/technicalcooperation/Home/Highlights-Archive/Archive-2013/03222013_World_Water_Day_Sahel.html.

Refuerzo de la capacidad regional de África para diagnosticar zoonosis nuevas o recurrentes, en particular la enfermedad por el virus del Ébola

Duración: 2015 a 2019
Presupuesto estimado: €5,8 millones de euros

A raíz del brote más importante y complejo de la enfermedad por el virus del Ébola, que tuvo lugar a comienzos de 2014 en África occidental, la comunidad internacional constató que África necesitaba apoyo a fin de desarrollar capacidades regionales para la gestión de las zoonosis —enfermedades que se pueden transmitir de los animales a los seres humanos y que, sin una gestión adecuada, pueden derivar en epidemias regionales y mundiales— nuevas o recurrentes.



Fotografía: D. Calma/OIEA



Fotografía: D. Calma/OIEA

Con este proyecto cuatrienal se pretende reforzar las capacidades regionales de África mediante mecanismos para la detección temprana y estrategias para intercambiar información diagnóstica y epidemiológica conexas dentro de una red regional. El proyecto tiene por objeto impartir capacitación, proporcionar orientación especializada y desarrollar infraestructuras para poner en marcha un sistema de monitorización, detección y vigilancia, e incluye equipos de diagnóstico.

Para obtener más información, véase: www.iaea.org/sites/default/files/pui Ebola.pdf.

De los laboratorios a la comunidad mundial: Renovación de los Laboratorios de Aplicaciones Nucleares (ReNuAL)

Duración: 2014 a 2017

Presupuesto estimado: € 31 millones de euros

Durante más de 50 años, ocho laboratorios de aplicaciones nucleares de Seibersdorf (Austria) han prestado capacitación especializada, apoyo a la investigación y el desarrollo, y servicios de análisis a fin de asistir a los Estados Miembros en el uso de la ciencia y la tecnología nucleares para abordar sus necesidades nacionales y afrontar retos mundiales, desde la producción y la sanidad animales hasta las ciencias y técnicas analíticas nucleares. No obstante, puesto que desde su creación en 1962 no han sido objeto de ninguna mejora importante, los laboratorios ya no pueden seguir cumpliendo sus funciones y atender las necesidades crecientes y cambiantes de los Estados Miembros.

Este proyecto, conocido como RENUAL, comenzó el 1 de enero de 2014 y consiste en la construcción de nuevos edificios, la modernización de los edificios existentes, la mejora de la infraestructura y la adquisición de nuevo equipo de laboratorio para sustituir los instrumentos antiguos u obsoletos.

Para obtener más información, véase: www-naweb.iaea.org/na/renual/index.html.

Refuerzo del desarrollo de la infraestructura nucleoeléctrica

Duración: 2011 a 2015, w, con la posibilidad de un proyecto de seguimiento de 2016 a 2020

Presupuesto estimado: €1.5 millones de euros

Aproximadamente 30 países están estudiando actualmente la posibilidad de incorporar la energía nuclear a su canasta de energía o ya han decidido poner en marcha un programa nucleoeléctrico. Los países que están evaluando esta posibilidad o que ya han emprendido el desarrollo de un programa nucleoeléctrico acuden al OIEA en busca de orientación y apoyo.

La finalidad de este proyecto es consolidar y desarrollar aún más los documentos de orientación, las metodologías y los servicios de examen, así como crear oportunidades para intercambiar experiencias y enseñanzas extraídas. A través de él se procura asistir y orientar a los países en fase de incorporación al ámbito nuclear, en particular a los países de ingresos medianos y bajos, para que creen infraestructuras nucleoeléctricas seguras y sostenibles. El proyecto está financiado por conducto de la Iniciativa sobre los Usos Pacíficos y, en algunos casos, las actividades complementarias se financian con cargo al FCT.

Para obtener más información, véase: www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Main.

Evaluación y valoración de la capacidad de control del cáncer

Duración: en curso

Presupuesto estimado para 2015: €450 000 euros

Los casos de cáncer están experimentando un notable aumento a escala mundial y los países de ingresos medianos y bajos



Fotografía: D. Calma/OIEA



Fotografía: D. Calma/OIEA

no suelen estar equipados adecuadamente para gestionar de forma eficaz la carga de morbilidad y atender las necesidades de los pacientes. Puesto que los países dan cada vez más prioridad a la atención y el control del cáncer, muchos de ellos están recurriendo al Programa de Acción para la Terapia contra el Cáncer (PACT) y las misiones integradas del PACT (imPACT). Las misiones de examen integradas del PACT evalúan las capacidades nacionales de control del cáncer de un país en el marco de un enfoque amplio de control del cáncer, y formulan recomendaciones sobre la forma de abordar las deficiencias detectadas y de continuar desarrollando las capacidades nacionales para hacer frente a la enfermedad.

Desde 2010 se han financiado misiones imPACT en 26 Estados Miembros con fondos de la Iniciativa sobre los Usos Pacíficos. La mayoría de ellas se han dirigido a países de ingresos medianos y bajos. Esto ha ayudado a estos países, entre otras cosas, a desarrollar planes y programas nacionales de control del cáncer, y a facilitar el establecimiento de instalaciones de atención oncológica nacionales dotadas de equipos de diagnóstico y tratamiento, así como de una fuerza de trabajo suficiente de especialistas capacitados. Para 2015

están previstas misiones de examen integradas del PACT en seis Estados Miembros.

Para obtener más información, véase: www.iaea.org/technicalcooperation/PACT/index.html.



Fotografía: Corporación de Energía Nuclear de los Emiratos



Fotografía: P. Pavlicek/OIEA

Control de la contaminación del aire
Radioisótopos Producción sostenible de uranio
Átomos Fitotecnia por mutaciones
Radiación gamma

Mejora de las variedades de cultivo Mejora de la nutrición y la salud

Protección de artefactos culturales Riego por goteo

Control de la contaminación del aire Mejora de la nutrición y la salud

para protección de artefactos hidrología isotópica
gestión de suelos Fitotecnia por mutaciones

Radioisótopos reducción de la erosión del suelo

gestión de desechos radiactivos conservación del agua subterránea

la Paz monitorización de la radiactividad
Radioisótopos Fitotecnia por mutaciones
hidrología isotópica Radiación gamma

atención oncológica Mejora de la nutrición y la salud

Control de la contaminación del aire enriquecimiento del uranio

Protección de artefactos culturales Mejora de la nutrición y la salud

monitorización de la radiactividad gestión de suelos

y medición de la composición corporal Radioisótopos

Riego por goteo diagnóstico del cáncer

enriquecimiento del uranio hidrología isotópica

Mejora de la nutrición y la salud Fitotecnia por mutaciones gestión de suelos

erradicación de la mosca tsetsé Conservación Radiación gamma

**la Gestión del
Desarrollo**