

### 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  
Directora editorial: Laura Gil  
Diseño y producción: Ritu Kenn

El BOLETÍN DEL OIEA está disponible en línea en  
[www.iaea.org/bulletin](http://www.iaea.org/bulletin)

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

Las opiniones expresadas en cualquiera 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: R.Kenn/OIEA

Síguenos en:



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

El OIEA, establecido en 1957 como organismo independiente de las Naciones Unidas, es la única organización del sistema de las Naciones Unidas que cuenta con competencia profesional en tecnología nuclear. Sus laboratorios especializados de características singulares ayudan a transferir conocimientos y competencias técnicas a sus Estados Miembros en esferas tales como la salud humana, la alimentación, el agua, la industria y el medio ambiente.

El OIEA es también la plataforma mundial para el fortalecimiento de la seguridad física nuclear. Ha creado la Colección de Seguridad Física Nuclear, cuyas publicaciones ofrecen orientaciones sobre seguridad física nuclear aprobadas por consenso internacional. La labor del OIEA se centra igualmente en el objetivo de ayudar a reducir al mínimo el riesgo de que los materiales nucleares y otros materiales radiactivos caigan en manos de terroristas y delincuentes 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 constituye un alto grado de seguridad para la protección de las personas y el medio ambiente contra los efectos nocivos de la radiación ionizante. Estas normas se han elaborado para todos los tipos de instalaciones y actividades nucleares destinadas a fines pacíficos, comprendida la clausura.

Mediante su sistema de inspecciones, el OIEA también verifica que los Estados Miembros utilicen los materiales e instalaciones nucleares para fines pacíficos exclusivamente, 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.

La labor del OIEA es polifacética y se lleva a cabo con la participación de una gran variedad de asociados en los planos nacional, regional e internacional. En los programas y presupuestos del OIEA se establecen las decisiones que adoptan 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, proporciona apoyo y financiación al Centro Internacional de Física Teórica "Abdus Salam", de Trieste (Italia).

# Sesenta años contribuyendo al desarrollo y perspectivas de futuro

Yukiya Amano, Director General del OIEA

En 2017 se celebra el 60° aniversario de la creación del OIEA. El programa de cooperación técnica ha formado parte integrante de la labor del Organismo desde sus inicios y es nuestro principal mecanismo para transferir tecnología a los Estados Miembros desde 1957.

El objetivo del programa es ejercer una influencia real en la vida de millones de personas en los sectores en que la aplicación de la tecnología nuclear con fines pacíficos goza de una ventaja comparativa. Apoyamos proyectos en ámbitos como la salud, la alimentación y la agricultura, el agua y el medio ambiente, las aplicaciones industriales y la energía. Creo que la tecnología nuclear puede contribuir enormemente al desarrollo sostenible. Celebro el hecho de que los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas reconozcan de forma explícita la importancia de la ciencia y la tecnología para el desarrollo.

El OIEA ofrece apoyo a los países en desarrollo ejecutando proyectos de cooperación técnica, tarea en que colaboramos en muchos casos con otras organizaciones de las Naciones Unidas y organismos de desarrollo.

La presente edición del *Boletín del OIEA* contiene nueve artículos sobre casos concretos vinculados a cada uno de los nueve ODS con los que está relacionada directamente la labor del OIEA. El lector conocerá cómo ayudamos a la República Dominicana a controlar la propagación de la mosca mediterránea de la fruta, que puso en peligro la producción de frutas y hortalizas en toda la región del Caribe (página 4). Obtendrá una visión general acerca de cómo médicos y físicos médicos proporcionan tratamiento de radioterapia a

miles de pacientes en Myanmar con el apoyo del OIEA (página 6). Y también sabrá cómo los agricultores del Asia Sudoriental recolectan mayor cantidad de arroz gracias a las nuevas variedades de cultivos desarrolladas mediante técnicas nucleares (página 14).



También conocerá a investigadores que, tras cursar becas del OIEA, aplican la tecnología nuclear en sus países para monitorizar y combatir la contaminación marina (página 16), y descubrirá cómo científicos de Croacia utilizan las técnicas nucleares para estudiar las características de una estatua antigua encontrada bajo el mar (página 12).

La presente edición del *Boletín del OIEA* se ha elaborado para la Conferencia Internacional sobre el Programa de Cooperación Técnica del Organismo: Sesenta Años Contribuyendo al Desarrollo y Perspectivas de Futuro, que tendrá lugar en Viena del 30 de mayo al 1 de junio de 2017. Esta conferencia brinda una oportunidad a los Estados Miembros, los organismos de las Naciones Unidas y otros asociados para explorar vías de colaboración aún más eficaz en beneficio de las personas a las que servimos.

Espero que la presente panorámica del programa de cooperación técnica del OIEA resulte interesante e informativa.



(Fotografía: C. Brady/OIEA)



(Fotografía: C. Brady/OIEA)



(Fotografía: Departamento de Energía Atómica (India))

## Prefacio



**1 Sesenta años contribuyendo al desarrollo y perspectivas de futuro**

## Sesenta años contribuyendo al desarrollo



**4 La República Dominicana emplea la tecnología nuclear para ganar la guerra a la mosca de la fruta**



**6 Malabarismos de radiólogos y físicos médicos de Yangón para prestar a los enfermos de cáncer una atención médica de calidad**



**8 Científicos exploran aguas subterráneas en el Sahel con el uso de tecnología nuclear**



**10 Marruecos contempla el uso de la energía nucleoelectrica para una futura canasta de energía**



**12 Las técnicas nucleares ayudan a los países europeos a interpretar y conservar el patrimonio cultural**



**14 Bangladesh triplica la producción de arroz con ayuda de las ciencias nucleares**



**16 Los becarios del OIEA protegen el medio ambiente marino**



**18 Los isótopos estables del nitrógeno ayudan a los científicos a optimizar el uso del agua y los fertilizantes**

Desde el OIEA

**20 El programa de cooperación técnica del OIEA y las asociaciones para el progreso**

— Dazhu Yang, Director General Adjunto, Jefe del Departamento de Cooperación Técnica

Noticias del OIEA

**22 El Japón apoyará la utilización de ensayos no destructivos para la recuperación en casos de desastre en Asia y el Pacífico**

**23 Protección de los pacientes y promoción de la cultura de la seguridad en el diagnóstico por imagen**

**24 Publicaciones del OIEA**

La contribución del OIEA a los ODS

# La República Dominicana emplea la tecnología nuclear para ganar la guerra a la mosca de la fruta

Laura Gil



Un grupo de hombres ataviados con gorros para protegerse del sol se agrupan en torno a una trampa de cartón para moscas. La inspeccionan con una lámpara ultravioleta con forma de lápiz, asienten y sonríen de vez en cuando. Estos entomólogos se han despojado de la bata

de laboratorio para ayudar a la República Dominicana a verificar si su estrategia de control de la mosca mediterránea de la fruta, una plaga que el año pasado supuso para el país pérdidas en concepto de exportaciones por valor de 40 millones de dólares de los Estados Unidos, ha tenido éxito. Los hombres asienten una vez más, satisfechos al comprobar que en la trampa no hay moscas silvestres.

La presencia de la mosca mediterránea de la fruta se notificó por primera vez en marzo de 2015 en Punta Cana, la región oriental de la isla. Tan pronto el Gobierno realizó este anuncio, los Estados Unidos de América prohibieron la importación de 18 tipos de fruta y hortaliza de la República Dominicana, una medida que afectó gravemente a la principal fuente de ingresos del país tras el turismo: las exportaciones agrícolas.

Sin embargo, la rápida reacción del Ministerio de Agricultura de la República Dominicana y el apoyo del OIEA, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) permitieron contener el brote en tan solo diez meses, lo que llevó a los EE.UU. a levantar, en enero de 2016, la prohibición de importar productos agrícolas para casi todo el país.

“[La prohibición] tuvo unos resultados nefastos”, lamenta Pablo Rodríguez, director financiero de Ocoa Avocados, el mayor exportador de aguacates del país. “Las exportaciones constituyen prácticamente toda nuestra actividad, así que puede imaginarse las pérdidas. Por unas cuantas moscas, pagamos todos”. Las pérdidas de Ocoa Avocados alcanzaron los 8 millones de dólares.

A otros les resultó más fácil adaptarse. Cory St Clair es un pequeño productor de Cabeza de Toro. Cuando se decretó la prohibición, acababa de plantar chile y pimiento rojo, de modo que empezó a buscar otros mercados inmediatamente. En la actualidad vende principalmente al Canadá y a Europa. “Tuvimos suerte”, reconoce. “No así los grandes exportadores”.

## Miedo a las moscas

Si bien la mayoría de las moscas se detectaron en almendros situados a lo largo de la costa y cuyos frutos no estaban destinados al comercio, se temía que los insectos también pudieran invadir explotaciones comerciales dedicadas a las frutas y las hortalizas.

“Si la mosca hubiese llegado a las zonas donde se concentra la industria hortícola, podríamos haber perdido fácilmente en torno a 220 millones de dólares”, declara Ángel Estévez, Ministro de Agricultura, “lo que se traduce en la pérdida de unos 30 600 puestos de trabajo directos e indirectos. Somos un país pequeño y los medios de subsistencia de miles de personas que trabajan en el sector hortícola dependen de las exportaciones”.

En 2014 y 2015 las frutas y las hortalizas representaron aproximadamente el 30 % de las exportaciones de alimentos, lo que genera para el país unos ingresos anuales del orden de 610 millones de dólares, según datos del Banco Central de la República Dominicana. El sector agrícola constituye además la tercera mayor fuente de empleo.

Cuando el Gobierno detectó el brote, no disponía de la capacidad institucional adecuada para responder, explica el Ministro Estévez. “Para nosotros, se convirtió en un trauma. Me iba a dormir pensando en la mosca, soñaba con la mosca y, por la mañana, me levantaba con la mosca en la cabeza”.

## La radiación al rescate

Después de que el Ministerio de Agricultura solicitase asistencia en marzo de 2015, el OIEA y la FAO ayudaron al Ministerio y a sus asociados a poner en marcha un campaña integrada de erradicación de la plaga con el apoyo del Servicio de Inspección Sanitaria de Animales y Plantas del USDA (USDA-APHIS), el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA) y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Las autoridades crearon una amplia red de trampas colocadas en lugares estratégicos para determinar el alcance de la plaga, destruyeron las almendras, las guamas y las frutas de caya infestadas, rociaron focos críticos con una mezcla de insecticida y atrayente alimenticio e impusieron controles estrictos en el resto del país, incluidos puertos y aeropuertos. No obstante, la clave para contener la población de moscas fue un método de base nuclear empleado para el control de la natalidad de los insectos que recibe el nombre de técnica de los insectos estériles (TIE).

## Localización del brote de la mosca mediterránea de la fruta

Septiembre de 2015



Septiembre de 2016



La TIE consiste en criar grandes cantidades de moscas macho y esterilizarlas con radiación ionizante. Posteriormente, se procede a la suelta terrestre y aérea de estas moscas estériles en zonas infestadas de plagas, donde se aparean con poblaciones silvestres sin que produzcan descendencia.

“Me parece increíble”, comenta el Sr. St Clair. “Cuando lo oí por primera vez me sonó a ciencia ficción”. Gracias a la suelta semanal intensiva de millones de moscas mediterráneas de la fruta esterilizadas, se controló el brote y en diez meses los EE.UU. levantaron la prohibición en 23 de las 30 provincias afectadas.

La TIE es una de las técnicas de control más respetuosas con el medio ambiente, y suele aplicarse en el marco de una campaña integrada de control de las poblaciones de insectos. El OIEA y la FAO prestan conjuntamente apoyo aproximadamente a 40 proyectos sobre el terreno relacionados con la TIE y que se llevan a cabo a través del programa de cooperación técnica del OIEA en distintos lugares de África, Asia, Europa y América Latina y el Caribe.

“Golpeamos a la mosca donde más le duele”, explica Rafael Antonio Cedarro, examinador de trampas en La Romana, una de las zonas vigiladas. “Aquí tenemos 195 trampas y en los últimos meses no hemos atrapado ninguna mosca silvestre”. Estas 195 trampas son solo algunas de las 14 525 colocadas en todo el país para verificar que el brote está bajo control.

“Estamos impresionados ante los rápidos avances logrados en tan solo unos meses”, afirma Walther Enkerlin, entomólogo de la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Alimentación y la Agricultura.

### No hay futuro para las plagas

La asistencia en materia de cooperación técnica que brindó el OIEA, la respuesta coordinada a la emergencia y la contención del brote por el Ministerio han tenido distintos efectos colaterales positivos, no solo para la República Dominicana, sino para la región en su conjunto.

Como parte del proyecto de cooperación técnica, alrededor de 300 personas trabajaron en el marco del programa del Ministerio de Agricultura que se encargó de controlar y erradicar el brote en el punto álgido de la fase de erradicación. A través de tres proyectos interregionales de cooperación técnica, el OIEA ha capacitado en el uso de la TIE a especialistas de la República Dominicana. El país participa actualmente en dos proyectos regionales relacionados con la TIE.

“Gracias al proyecto, la mosca no se propagó a otros países del Caribe ni del continente, como México y los Estados Unidos, con lo que se evitaron grandes pérdidas económicas”, manifiesta el Sr. Enkerlin.

El Ministro de Agricultura dispone actualmente de la capacidad técnica y humana necesarias para afrontar este y otros brotes e intercambiar las lecciones extraídas y los conocimientos técnicos, explica Frank Lam, representante del IICA en la República Dominicana. “Ha sido una experiencia costosa que queremos compartir para que no afecte a otros países. Queremos evitar que otros se enfrenten a ello sin estar preparados”, dice el Sr. Lam.

El Ministro Estévez colabora con su homólogo en Haití en el diseño de una estrategia para proteger toda la isla de La Española, que comparten ambos países, e impedir así futuras infestaciones. “De nada vale controlar el brote en un lado de la isla si luego va a aparecer en el otro”, señala. “Los insectos no tienen documento de identidad ni pasaporte, pero ahora tenemos la capacidad adecuada para afrontar esta amenaza invisible”.

# Malabarismos de radiólogos y físicos médicos de Yangón para prestar a los enfermos de cáncer una atención médica de calidad

Miklos Gaspar



Mya Mya Kyi, apresurada, intenta abrirse camino entre una multitud de pacientes que aguarda su turno en los pasillos del Departamento de Radioterapia del Hospital General de Yangón (Myanmar). Como física médica jefe del departamento, es

la responsable de planificar el tratamiento contra el cáncer que los cerca de 300 enfermos diarios reciben en los cuatro aparatos de radioterapia del hospital.

Pese a que el Ministerio de Salud de Myanmar ha dotado de equipo de radioterapia al Hospital de Yangón y otras tres instalaciones similares del país, no hay capacitación para los físicos médicos, por ejemplo en garantía de calidad del equipo de radioterapia, a nivel local. A este respecto, la Sra. Mya Kyi y sus colegas dependen del OIEA.

“Planes de tratamiento, cálculos dosimétricos, verificación diaria de los aparatos y control de calidad: al día le faltan horas para todo esto”, explica mientras va de la sala en la que hay una bomba de cobalto 60 a su oficina, donde prepara los planes de tratamiento.

Los físicos médicos trabajan con la sofisticada tecnología que se emplea en medicina radiológica para diagnosticar y tratar a pacientes con enfermedades como el cáncer. Han de tener conocimientos de anatomía y de los principios de la física, además de saber cómo aplicar esos principios para corroborar el diagnóstico y el tratamiento de los pacientes.

## Radioterapia: de un uso marginal a ocupar un lugar predominante

Según explica el catedrático Khin Cho Win, Jefe del Departamento de Radioterapia del Hospital General de Yangón, la demanda de radioterapia se ha triplicado en el último decenio. El año pasado el departamento atendió a 6200 pacientes nuevos, la mayoría de los cuales necesitaban recibir radioterapia, mientras que en 2005 solamente hubo 2000 casos. “Prevedemos que esta tendencia se mantenga”, afirma Cho Win.

Lo que con suerte cambiará poco a poco serán las características de los pacientes. Muchas personas con cáncer no van al médico hasta que es demasiado tarde, momento en que se les envía a radioterapia únicamente con fines paliativos. La mitad de los pacientes con cáncer que reciben radioterapia

en el Hospital General de Yangón se encuentran en los estadios finales de la enfermedad, cuando el único tratamiento posible consiste en aliviar el dolor. Por el contrario, en los países desarrollados tan solo el 14 % de los nuevos enfermos de cáncer necesitan radioterapia paliativa; la mayoría recibe tratamiento con objeto de curar el cáncer que padecen. Una misión del OIEA llevada a cabo en 2015 para evaluar los servicios de control del cáncer de Myanmar recomendó el establecimiento de servicios de cuidados paliativos especializados y la ampliación de las instalaciones de atención primaria y de atención domiciliaria.

La apertura de más centros de radioterapia y un mayor acceso a esas instalaciones son prioridades del programa de salud del país. Myanmar, con una población de 52 millones de personas, cuenta solo con 18 aparatos de radioterapia, muy por debajo de la cifra de 1 aparato por millón de personas recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

No es un caso aislado: según la base de datos del Directorio de Centros de Radioterapia (DIRAC), la mayor parte de las instalaciones de radioterapia del mundo se encuentran en países de ingresos altos y al menos unos 36 países no disponen de ningún equipo de este tipo para tratar el cáncer.

## Asistencia del OIEA

En palabras de Ho-Seung Lee, responsable del programa de cooperación técnica del OIEA en Myanmar, el OIEA hace lo que le corresponde para ofrecer ayuda y seguirá prestando apoyo al personal de los centros oncológicos de Myanmar.

Los cinco físicos médicos y la docena de radiólogos del Hospital General de Yangón participan en cursos de capacitación organizados por el OIEA, realizan visitas científicas a instituciones de países vecinos con más experiencia en la utilización de equipos punteros de radioterapia y envían las mediciones dosimétricas al laboratorio del OIEA cerca de Viena para verificar la calibración de sus aparatos de radioterapia. Así es posible cerciorarse de que los pacientes reciben la dosis adecuada: lo bastante alta para ser eficaz, pero sin pasarse ni un centigray, de modo que la radiación dada no sea mayor de lo estrictamente necesario para el tratamiento. Últimamente, los profesionales sanitarios han empezado a utilizar también los recursos de aprendizaje en línea del OIEA, ofrecidos a través del Campus de Salud Humana. “Ojalá la conexión a Internet fuera mejor”, apostilla la Sra. Mya Kyi.



**Expertos y asociados del OIEA han impartido capacitación al personal del Departamento de Medicina Nuclear del Hospital General de Yangón para utilizar de forma segura y eficaz su nuevo equipo.**

(Fotografía: M. Gaspar/OIEA)

La física de las radiaciones y la dosimetría son la base de una radioterapia segura y eficaz para tratar el cáncer, además de ser fundamentales para la garantía de calidad en otras disciplinas de la medicina radiológica, afirma May Abdel-Wahab, Directora de Salud humana en el OIEA. “El apoyo que presta el OIEA ayuda a países como Myanmar a garantizar que las dosis dadas son exactas y que los físicos médicos, radiooncólogos y otras personas relacionadas con la medicina radiológica reciben una capacitación adecuada para dar una respuesta óptima a los pacientes”.

### **Medicina nuclear: empleo de isótopos para diagnosticar enfermedades**

El personal del Departamento de Medicina Nuclear del Hospital de Yangón, que ofrece servicios clave para el diagnóstico de diversas enfermedades y el tratamiento del cáncer de tiroides, ha recibido también equipo nuevo del Gobierno, entre otros la primera instalación de ciclotrón y la primera instalación de tomografía por emisión de positrones/tomografía computarizada (PET/TC) del país.

El ciclotrón se utiliza para producir los radioisótopos fundamentales en los estudios de “adquisición PET/TC”, esenciales en el diagnóstico temprano de varias enfermedades, como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares.

Asimismo, se ha entregado a los profesionales sanitarios dos cámaras de tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT), técnica de imagenología en medicina nuclear que utiliza rayos gamma para realizar exploraciones funcionales del cerebro, la tiroides, los pulmones, el hígado, la vesícula biliar, los riñones y los huesos.

Como explica la catedrática War War Wan Maung, al ser los primeros en Myanmar en utilizar dicho equipo, el personal del departamento no tenía a quién recurrir a escala local para

En los últimos 10 años Myanmar ha disfrutado de más de 30 becas de formación y visitas científicas y ha recibido 6 proyectos nacionales de cooperación técnica en el ámbito de la medicina radiológica. Asimismo, ha participado en más de 30 proyectos regionales de cooperación técnica sobre salud.

obtener conocimientos técnicos y capacitación. Así pues, envió a sus colegas a realizar becas de formación auspiciadas por el OIEA en hospitales de países vecinos.

A raíz de una petición formulada con anterioridad al OIEA, el departamento se sometió a una Auditoría del OIEA de Gestión de la Calidad en Prácticas de Medicina Nuclear (QUANUM) en septiembre de 2016, en la que se señalaron algunos aspectos que podrían mejorarse para obtener una asistencia de mayor calidad.

“Ya hemos subsanado los seis problemas que se encontraron”, explica la Sra. Wan Maung. Estos incluyen, entre otros, el cambio del suelo de la sala de tratamiento, para lo cual el informe del OIEA ayudó a conseguir financiación extra del Gobierno. “Es un resultado excelente para nosotros y para nuestros pacientes”.

# Científicos exploran aguas subterráneas en el Sahel con el uso de tecnología nuclear

Laura Gil



En los desiertos del Sahel, una de las regiones más pobres del mundo, abundantes masas de agua subterránea representan una fuente de vida. Con ayuda del OIEA, y gracias al uso de técnicas nucleares, científicos de 13 países africanos han llevado a cabo la primera evaluación a escala regional del agua subterránea de esa zona, que abarca 5 millones de kilómetros cuadrados. Hasta la fecha han obtenido pistas valiosas, como la amplia presencia de aguas subterráneas de buena calidad y recientemente recargadas, los niveles de contaminación y los patrones de flujo que conectan los diferentes acuíferos y cuencas.

“Esta información vale oro”, señala Eric Foto, jefe del laboratorio de hidrología isotópica de la Universidad de Bangui en la República Centroafricana. “Con ella podemos indicar al Gobierno dónde se encuentra agua renovable poco profunda para perforar los pozos, de dónde proviene la contaminación o por cuánto tiempo se mantendrá la buena calidad del agua”.

Estos hallazgos son fundamentales para los formuladores de políticas que luchan por garantizar la disponibilidad de agua potable en la región.

El Sahel se extiende desde África Occidental hasta África Central y África del Norte y tiene una población de 135 millones de personas. El acceso a agua potable representa uno de los mayores desafíos, ya que no solo es indispensable para beber, sino también para la producción e higiene de los alimentos.

“Las personas necesitan agua para vivir; y para gestionar el agua, se necesitan conocimientos al respecto”, dice Beatrice Ketchemen Tandia, Jefa de la División de Cooperación del Departamento de Ciencias Nacionales de la Universidad de Douala en Camerún, quien ha participado en los proyectos de investigación del OIEA como hidrogeóloga desde los años noventa.

Por conducto de su programa de cooperación técnica, el OIEA ha aportado equipo y ha capacitado a científicos locales de 13 países —Argelia, Benin, Burkina Faso, Camerún, Chad, Ghana, Malí, Mauritania, Níger, Nigeria, República Centroafricana, Senegal y Togo— para el estudio de cinco sistemas principales de acuíferos que atraviesan sus fronteras: el sistema acuífero de Iullemeden, el sistema de Liptako-Gourma y el Alto Volta, la cuenca senegal-mauritana, la cuenca del Lago Chad y la cuenca Taoudeni.

A lo largo de todo el proyecto la información sobre los progresos alcanzados se compartió periódicamente con

organizaciones copartícipes, como la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y las autoridades encargadas de las cuencas — la Autoridad de la Cuenca del Níger, la Comisión de la Cuenca del Lago Chad, la Autoridad de la Cuenca del Volta, la Autoridad de Desarrollo Integrado de la Región de Liptako-Gourma—, así como con el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales de Alemania.

## El objetivo: ayudar a ahorrar agua

Durante los últimos decenios el Sahel ha sufrido una sequía extrema que afecta negativamente a la agricultura y provoca una situación de hambre generalizada. Son pocos los ríos de los que se puede obtener agua y los cinco sistemas de agua transfronterizos estudiados en la región representan la principal fuente de suministro de agua para la población.

Hasta la fecha científicos de cada uno de los países afectados han publicado resultados importantes que incluyen recomendaciones para que los gobiernos puedan elaborar planes para ahorrar agua y protegerla de la contaminación. El siguiente paso será integrar estos resultados a escala regional y publicar un informe exhaustivo, previsiblemente más tarde en el año en curso, en que se determinarán las prioridades y las amenazas comunes, y se formularán recomendaciones para mejorar la gestión sostenible y el uso racional de los sistemas de acuíferos compartidos.

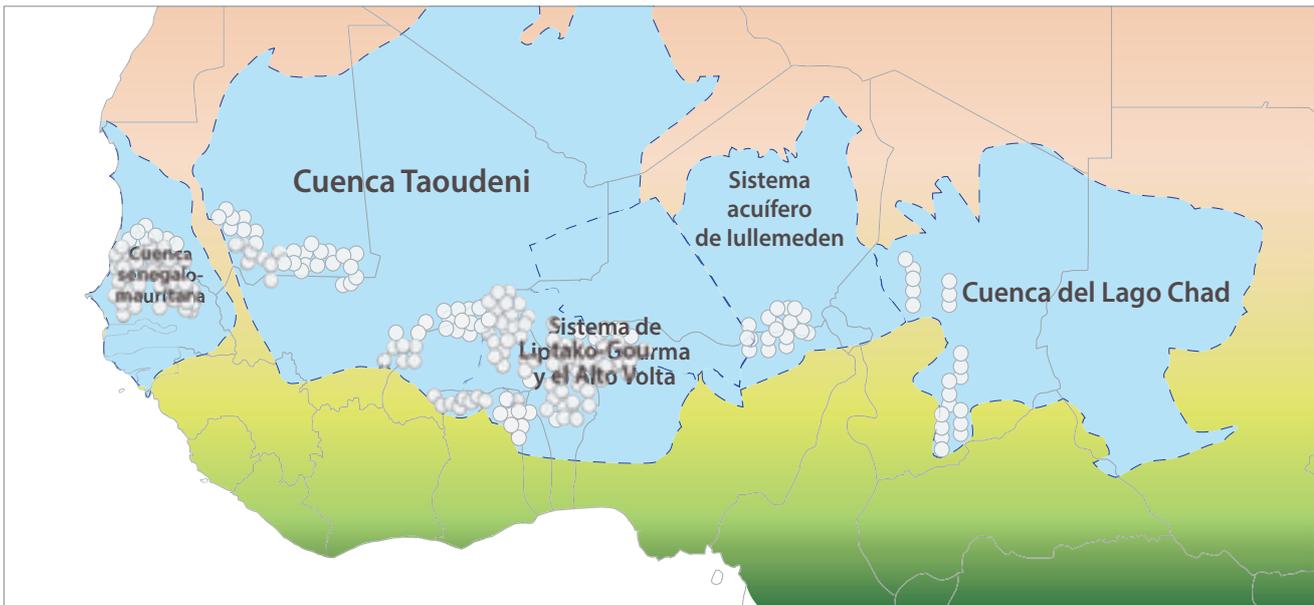
“La falta de agua puede llevar al hambre, y el hambre, al conflicto”, afirma el Sr. Foto. “Cuanto antes conozcamos sobre nuestra agua, antes podremos gestionarla”.

## Cómo lo hacen

Los científicos estudian los diferentes isótopos que están presentes en el agua para determinar diversos factores y procesos, como su fuente, edad, flujo de recarga y calidad (véase el recuadro titulado “Base científica”).

“Si bien las instituciones africanas han dependido de consultores externos, ahora son capaces de hacer el trabajo por sí mismas”, indica Neil Jarvis, miembro del grupo del proyecto del OIEA. “Nuestra asistencia ha permitido a cada uno de los países hacerse cargo de sus actividades”.

Durante los últimos cinco años los científicos locales han recogido casi 2000 muestras de los pozos, ríos y lluvias de las zonas más pobladas, y a menudo transfronterizas, del Sahel. Expertos del OIEA los han ayudado a analizar esas muestras mediante parámetros isotópicos y otros parámetros químicos. También han ayudado en la interpretación de los datos, impartiendo capacitación a expertos de toda la región del



Sahel. Los científicos locales poseen actualmente un amplio conocimiento de la hidrología isotópica y tienen acceso a una red de especialistas procedentes de otros 12 países con quienes pueden comparar los resultados.

Sin embargo, los problemas persisten. Muchas zonas del Sahel se ven afectadas por conflictos y enfrentamientos, incluidas aquellas en que deben recogerse las muestras. Por ejemplo, en la zona de la cuenca del Lago Chad, la situación de seguridad constituyó a veces un impedimento.

“Los científicos de los países vecinos casi nunca podían ir a la zona a recoger muestras debido a la presencia de grupos rebeldes armados”, afirma el Sr. Foto. “Pero lo que hacemos es viajar con colegas de organizaciones no gubernamentales y aprovechar su protección. El trabajo continúa”.

**Ubicación de los cinco sistemas y cuencas de acuíferos estudiados en el Sahel. Los puntos en el mapa muestran los lugares en que los científicos recogieron las muestras de agua.**

Imagen: OIEA

## BASE CIENTÍFICA

### Hidrología isotópica

Las moléculas de agua portan “huellas” únicas basadas en sus distintas proporciones de isótopos, que son elementos químicos compuestos por átomos con el mismo número de protones, pero con un número diferente de neutrones, y que pueden ser naturales o artificiales. Los radioisótopos son inestables y, cuando se desintegran para recuperar su estabilidad, liberan constantemente una energía que recibe el nombre de radiactividad. Los científicos pueden medir el tiempo necesario para que la mitad de los radioisótopos se desintegren, fenómeno que recibe el nombre de período de semidesintegración. Si conocen el período de semidesintegración de un radioisótopo y la concentración isotópica en el agua o en otras sustancias, los científicos pueden determinar la edad del agua que contiene dichos radioisótopos.

Los isótopos estables no se desintegran y permanecen constantes durante todo el tiempo que están presentes en el agua. Los científicos utilizan las distintas concentraciones isotópicas de las aguas superficiales y subterráneas para determinar diversos factores y procesos, como las fuentes y la historia del agua, las condiciones de lluvia pasadas y presentes, la recarga de los acuíferos, la mezcla y la interacción de las masas de agua, los procesos de evaporación, los recursos geotérmicos y los procesos contaminantes.



**Una especialista en hidrología isotópica recoge muestras de agua de un pozo en Bangui (República Centroafricana).**

(Fotografía: L. Gil/OIEA)

# Marruecos contempla el uso de la energía nucleoelectrica para una futura canasta de energía

Jennet Orayeva



Ante la perspectiva de que su consumo de electricidad aumente considerablemente en los próximos años y debido a su fuerte dependencia de fuentes de energía importadas, Marruecos está evaluando la posibilidad de utilizar la energía nucleoelectrica como parte

de su canasta de energía después de 2030. Es fundamental que Marruecos cuente con energía asequible y limpia para satisfacer su creciente demanda de electricidad y lograr un desarrollo socioeconómico sostenible.

“En el marco de su estrategia energética nacional Marruecos estudia la posibilidad de utilizar la energía nucleoelectrica como una alternativa a largo plazo para satisfacer sus necesidades en el futuro, pero por el momento no ha tomado ninguna decisión al respecto”, señala Khalid El Mediouri, Director General del Centro Nacional de Energía, Ciencias y Tecnologías Nucleares (CNESTEN) y Presidente del Comité sobre Energía Nucleoelectrica y Desalación de Agua del Mar (CRED), creado en 2009 por el Ministerio de Energía, Minas, Agua y Medio Ambiente. “Con tal fin se llevó a cabo una evaluación global de esas condiciones y de la infraestructura requerida para un posible proyecto de energía nucleoelectrica que sea compatible con las normas internacionales”.

En la actualidad cerca de 30 países de todo el mundo están considerando la posibilidad de establecer programas de este tipo o ya participan en ellos. El OIEA ayuda a esos países a adquirir conocimientos en materia de planificación y análisis de la energía y a desarrollar competencias especializadas en la esfera nuclear. Durante los dos últimos años en África el OIEA ha realizado cuatro misiones de Examen Integrado de la Infraestructura Nuclear (INIR) en Ghana, Kenya, Marruecos y Nigeria.

En octubre de 2015 Marruecos acogió una misión INIR y elaboró un plan de acción para cumplimentar las recomendaciones y sugerencias formuladas en el marco de la misión.

“Marruecos reconoce la importancia y la utilidad del enfoque de los hitos del OIEA y de sus programas de asistencia técnica conexos”, afirma el Sr. El Mediouri refiriéndose a una metodología del OIEA utilizada para orientar a los países y a las organizaciones a trabajar de manera sistemática con miras a implantar el uso de la energía nucleoelectrica. “Mediante el plan de trabajo integrado el OIEA sigue prestando su asistencia valiosa para poner en práctica las recomendaciones de la misión INIR, lo que permite seguir avanzando en el desarrollo de la infraestructura nuclear de Marruecos.”

## La tecnología nuclear al servicio del desarrollo socioeconómico

Marruecos ha participado activamente en el programa de cooperación técnica del OIEA destinado a potenciar su capacidad en el uso de la tecnología nuclear con fines pacíficos. Múltiples proyectos han ayudado al país a crear capacidad a escala local para realizar un estudio de la planificación energética y una evaluación de la energía nucleoelectrica. El país también se beneficia de un proyecto coordinado de investigación del OIEA que ayuda a los encargados de adoptar decisiones a examinar todas las opciones tecnológicas relativas al suministro de energía.

La experiencia del país con la energía nuclear se remonta a los años cincuenta y, desde entonces, este ha utilizado técnicas nucleares en aplicaciones asociadas a la medicina, la agricultura y la industria. Bajo la supervisión del CNESTEN, Marruecos administra el reactor nuclear MA-RA1 del Centro de Estudios Nucleares de Maãmora. Este reactor se utiliza para la investigación en el campo de la energía nuclear, el análisis por activación neutrónica, la investigación geocronológica, la enseñanza y la capacitación.

## Los instrumentos de planificación energética del OIEA ayudan a evaluar las opciones

A petición de un Estado Miembro, el OIEA proporciona orientación y apoyo técnico para evaluar las opciones energéticas, incluida la energía nuclear. En el curso de la asistencia que presta en este ámbito, el OIEA no influye en la elección de las opciones energéticas de los Estados Miembros. Su enfoque de planificación energética brinda la oportunidad de evaluar todas las opciones energéticas por igual.





**Centro de Investigación Nuclear de Maâmora (Marruecos)**

(Fotografía: CNESTEN)

Marruecos está desempeñando un papel importante en el fortalecimiento de la cooperación Sur-Sur mediante la provisión, con apoyo del OIEA, de enseñanza y capacitación para los países africanos, principalmente por conducto de los

centros regionales designados en las esferas de la seguridad radiológica, la radioterapia, la nutrición, los ensayos no destructivos y los recursos hídricos.

## Examen integrado de la infraestructura nuclear (INIR)

El Examen Integrado de la Infraestructura Nuclear (INIR) consiste en un examen holístico por homólogos destinado a ayudar a los Estados Miembros a evaluar el estado de su infraestructura nacional con miras a la implantación de la energía nucleoelectrica. El examen abarca la amplia infraestructura requerida para crear un programa de energía nucleoelectrica que sea sostenible y tecnológica y físicamente seguro.

A petición de un Estado Miembro, el OIEA envía una misión INIR integrada por un grupo de expertos internacionales con experiencia directa en esferas especializadas de la infraestructura nuclear, así como a miembros de su personal. Antes de recibir una misión INIR, el país debe ultimar una autoevaluación de las 19 cuestiones relativas a la infraestructura nucleoelectrica incluidas en el enfoque de los hitos del OIEA, metodología exhaustiva concebida para orientar a los países y las organizaciones a trabajar de manera sistemática para implantar la energía nucleoelectrica.

Las misiones INIR hacen posible que los representantes de los Estados Miembros del OIEA celebren debates en profundidad con expertos internacionales sobre las experiencias y las mejores prácticas en el desarrollo de la infraestructura nucleoelectrica. Las recomendaciones y sugerencias se presentan en un informe dirigido al Estado Miembro. El INIR realiza una evaluación integral de todos los aspectos del programa de energía nucleoelectrica, que comprende el órgano regulador, las compañías eléctricas y todos los interesados correspondientes del gobierno, ayudando así a garantizar que la infraestructura requerida para utilizar la energía nucleoelectrica de manera sostenible y en condiciones tecnológica y físicamente seguras se desarrolle y se implante de forma responsable y ordenada.

# Las técnicas nucleares ayudan a los países europeos a interpretar y conservar el patrimonio cultural

Jeremy Li



Antes de exhibirse un objeto antiguo en una exposición, los expertos deben determinar sus orígenes y llevar a cabo la labor de restauración necesaria. Los errores o equivocaciones en algunas de las numerosas etapas que entraña esa labor podrían ocasionar daños irreparables en el objeto. Gracias a las diversas técnicas

nucleares y al apoyo del OIEA, varios países europeos han adquirido las competencias necesarias para procesar y restaurar sus bienes culturales con eficacia y seguridad.

Estas técnicas se emplearon en el Apoxiomeno (estatua antigua de bronce que representa a un joven atleta) de Croacia. Tras haber permanecido unos 20 siglos sumergida a 45 metros de profundidad, los arqueólogos la recuperaron en 1999 del lecho marino en las proximidades de una pequeña isla del mar Adriático. En el momento del descubrimiento la estatua presentaba tal deslustre que era irreconocible. Con el empleo de varias técnicas de radiación ionizante los expertos pudieron analizar la edad y el tipo de metales utilizados, y realizar su restauración.

“Los restauradores primeramente deben caracterizar el objeto, esto es, recabar suficiente información para conocer con exactitud qué método deben emplear para que la restauración sea satisfactoria”, explica Stjepko Fazinić, Asesor de Investigación del Instituto Ruđer Bošković de Croacia. “La caracterización deficiente de los objetos podría llevar a aplicar una técnica equivocada para restaurarlos y provocar importantes desperfectos. Con la radiación ionizante podemos reducir al mínimo ese riesgo”.

El OIEA viene prestando asistencia a Croacia desde 1993 a fin de promover la utilización de técnicas nucleares para conservar el patrimonio cultural, y para ello le ha proporcionado capacitación y equipo en virtud de varios proyectos de cooperación técnica.

En el marco de uno de esos proyectos, el OIEA facilitó a Croacia equipo portátil de espectroscopia de fluorescencia de rayos X (véase el recuadro titulado “Base científica”), que ayudó a los científicos a analizar más de 1000 muestras de objetos antiguos durante el primer año del proyecto. “Con las técnicas nucleares podemos determinar cada año la edad de más de 170 muestras arqueológicas”, afirma el Sr. Fazinić.

## Derrotar a los microorganismos

Sin embargo, aun siguiendo estrictamente todos los pasos del proceso de restauración, los objetos de origen orgánico siguen siendo susceptibles de sufrir un grave deterioro debido al ataque de insectos y bacterias, por ejemplo.

“Los objetos de tela, madera, papel y cuero y las momias son muy vulnerables”, aclara el Sr. Fazinić.

La irradiación panorámica con rayos gamma es una técnica utilizada frecuentemente con fines de esterilización para destruir los contaminantes biológicos. En ella se emplea una fuente radiactiva, principalmente cobalto 60, para inducir cambios químicos en el ADN de esos organismos dañinos y eliminarlos. En 2015 el OIEA suministró a Croacia fuentes de cobalto 60 para apoyar este esfuerzo.

“Todos los años nuestros colegas del laboratorio de radioquímica y dosimetría irradian unos 20 m3 de materiales con esta técnica”, indica el Sr. Fazinić. “En los últimos 20 años aproximadamente han esterilizado más de 5000 objetos”.

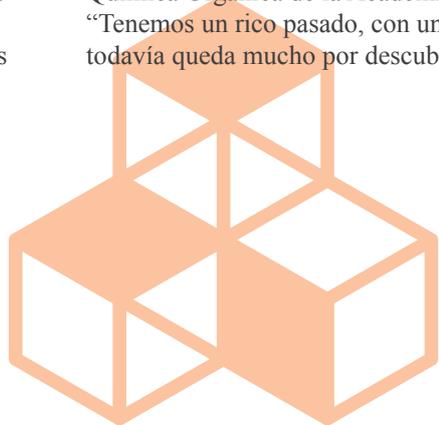
El Instituto Ruđer Bošković y el Instituto de Conservación de Croacia son dos de las principales entidades de contraparte del OIEA en la conservación del patrimonio cultural. Los croatas, unos de los pioneros en la labor, llevan decenios utilizando las técnicas analíticas nucleares y en la actualidad comparten sus conocimientos impartiendo capacitación a científicos de otros países como, por ejemplo, Bulgaria.

## En Bulgaria aumenta el uso de la técnica de datación por radiocarbono

“En Bulgaria, las primeras muestras de actividad humana datan de unos 40 000 a 50 000 años”, aclara Vladimir Dimitrov, profesor del Centro de Fitoquímica del Instituto de Química Orgánica de la Academia de Ciencias de Bulgaria. “Tenemos un rico pasado, con un gran patrimonio cultural, y todavía queda mucho por descubrir”.



El programa de cooperación técnica ha respaldado tres visitas científicas y becas en este ámbito en Bulgaria, y cinco visitas científicas y becas en Croacia.



Aparte del enorme volumen de objetos que aún no han sido excavados, la falta de fondos y equipo es un gran obstáculo que impide el descubrimiento del pasado del país, añade el Sr. Dimitrov.

“No tenemos un laboratorio propio para analizar los datos, de modo que para determinar la edad de un objeto debemos enviar las muestras a otros países, lo que no es barato y consume mucho tiempo”. El transporte de las muestras también puede aumentar el riesgo de daños.

Uno de los métodos que se aplican con más frecuencia para determinar la edad de los objetos arqueológicos orgánicos descubiertos es la técnica analítica de la datación por radiocarbono (véase el recuadro titulado “Base científica”). “En nuestro instituto hay personas con las competencias y conocimientos necesarios para aplicar esa técnica, pero aún no tenemos capacidad para construir un laboratorio integral”, explica Dimitrov.

Un proyecto de cooperación técnica del OIEA en curso proporcionará a Bulgaria el apoyo necesario, comprendido el equipo para establecer un laboratorio de datación por radiocarbono. Está previsto que el laboratorio entre en pleno funcionamiento más adelante en este año.

“Una vez que el laboratorio esté listo y en funciones, prevemos ahorrar un 20 % a un 30 % en los trabajos destinados a determinar la edad de los objetos antiguos”, continúa el Sr. Dimitrov. “Así conseguiremos más con menos”.



**Cabeza de la estatua de Apoxiomeno encontrada en el mar Adriático después de haber recibido tratamiento.**

(Fotografía: Instituto Ruder Bošković)

## BASE CIENTÍFICA

### Espectroscopia de fluorescencia de rayos X

La espectroscopia de fluorescencia de rayos X es un método que detecta y mide la concentración de elementos en casi todo tipo de materiales. Normalmente los científicos utilizan espectrómetros pequeños y portátiles de fluorescencia de rayos X para bombardear una muestra del material de ensayo con haces de rayos X de alta energía. El haz interactúa con los átomos de la muestra, desplazando los electrones que están en el interior de la órbita electrónica de esos átomos. Cuando un electrón se desplaza, deja un vacío que llena otro electrón de la órbita superior. Cuando el electrón pasa de una órbita superior a una inferior, se produce cierta pérdida de energía. Esta pérdida de energía es detectada por el espectrómetro, y se utiliza para determinar el elemento que la origina. Es un método exacto, ya que la cantidad de energía perdida es única en cada elemento.

### Método de datación por radiocarbono

El método de datación por radiocarbono mide la cantidad de radiocarbono (carbono 14) en la materia orgánica, como el cuero o la madera, para determinar su edad. El carbono 14 es un isótopo del carbono que se forma de manera constante en la atmósfera pura y que absorben rápidamente todos los organismos vivos. Los organismos al morir dejan de absorber carbono 14 y este de inmediato empieza a decaer. Como el carbono 14 tiene una vida media muy larga (5730 años), es posible determinar la edad de la muestra midiendo su nivel de radiactividad.

No obstante, con este método solo se obtiene una edad aproximada de la muestra, que puede variar en unos cuantos años.

# Bangladesh triplica la producción de arroz con ayuda de las ciencias nucleares

Nicole Jawerth



Las nuevas variedades de arroz obtenidas mediante técnicas nucleares han contribuido a que Bangladesh triplique su producción de arroz en los últimos decenios, pese a condiciones climáticas cada vez más rigurosas. Ese logro ha permitido al país establecer un

abastecimiento de arroz seguro y estable, e ir un paso por delante de su rápido crecimiento demográfico.

“Ahora dispongo de más arroz para mi familia y gano casi el doble que antes por el arroz y las semillas de mostaza que cultivo”, dice Suruj Ali, un agricultor de la aldea de Gerapacha, situada cerca de la frontera entre Bangladesh y la India, que cultiva un nuevo tipo de planta de arroz llamada Binadhan-7. “También ahorro dinero, porque no tengo que fumar tanto”.

La Binadhan-7 es una de las diversas variedades de arroz desarrolladas por los científicos del Instituto de Agricultura Nuclear de Bangladesh (BINA), con el apoyo del OIEA y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Se ha obtenido mediante un procedimiento que utiliza la radiación, denominado “fitomejoramiento por mutaciones” (véase el recuadro titulado “Base científica”) y se ha convertido en una variedad de arroz popular en el norte del país, que ha ayudado a que los agricultores y los trabajadores obtengan ingresos estables y encuentren empleos para todo el año.

A escala mundial se han desarrollado y distribuido más de 3000 variedades de plantas obtenidas mediante técnicas

de fitomejoramiento por mutaciones. Esas variedades seguirán contribuyendo en gran medida a satisfacer la demanda mundial de alimentos, a medida que crece rápidamente la población mundial y se agravan los problemas ambientales.

“El fitomejoramiento por mutaciones ahorra tiempo y dinero a los investigadores y origina los tipos de plantas que los agricultores necesitan para poner comida en la mesa y dinero en sus bolsillos de manera eficaz en relación con los costos”, señala Ljupcho Jankuloski, Jefe Interino de la Sección de Fitomejoramiento y Fitogenética de la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Alimentación y la Agricultura. “Para muchos agricultores, estas variedades de plantas representan un punto de inflexión”.

## Ayuda a los agricultores en el norte de Bangladesh

Las características que diferencian a la Binadhan-7 de otras variedades locales de arroz son su tiempo de cultivo más corto y su capacidad de producir más arroz. Las variedades locales producen alrededor de 2 toneladas de arroz moreno por hectárea y necesitan unos 150 días de maduración para ser cosechadas. La Binadhan-7 produce entre 3,5 y 4,5 toneladas por hectárea y necesita unos 115 días de maduración.

El programa de cooperación técnica del OIEA ha prestado apoyo a 40 becarios y visitantes científicos de Bangladesh en el sector de la alimentación y la agricultura en los últimos 10 años. Actualmente se ejecutan tres proyectos nacionales relacionados con la agricultura.

Variedad de arroz Binadhan-7, desarrollada por científicos del Instituto de Agricultura Nuclear de Bangladesh, Mymensingh (Bangladesh).

(Fotografía: N. Jawerth/OIEA)



Las semanas adicionales de cultivo que necesitan las variedades locales de arroz son un problema, ya que el arroz queda expuesto a fenómenos meteorológicos cada vez más adversos y a insectos con las variaciones de temperatura que se producen entre estaciones, situación que no cesa de agravarse dadas las condiciones meteorológicas más variables y extremas que provoca el cambio climático. Ese período suplementario de cultivo tampoco da tiempo suficiente para producir otro cultivo antes de que cambie la estación y contribuye a que los campos queden ociosos varios meses entre estaciones.

“Normalmente solo podía producir dos cultivos y pasaba varios meses al año sin nada, pero, con la variedad Binadhan-7, ahora puedo producir tres cultivos y ganar dinero todo el año”, dice Ali. El, junto con toda su familia de cinco miembros, vive de la explotación de 3 acres de tierra, donde cultiva arroz y semillas de mostaza. “He utilizado el dinero adicional para hacer dos nuevas ampliaciones en mi casa. Espero poder ganar dinero suficiente para que mis hijos vayan al extranjero algún día”.

Desde su distribución en 2007, la variedad Binadhan-7 ha ayudado a mejorar los medios de subsistencia de más del 20 % de la población de la región septentrional del país, según el BINA.

### **Ninguna comida está completa sin arroz**

Las nuevas variedades de arroz, como la Binadhan-7, contribuyen a satisfacer la demanda de este alimento básico en Bangladesh.

“Para la mayoría de la población del país, una comida está incompleta si no hay arroz”, señala Mohammad Moinuddin Abdullah, Secretario del Ministerio de Agricultura de Bangladesh. “El aumento de la población previsto para 2030 a 195 millones de habitantes añade una presión enorme sobre la producción de arroz”.



### **Una plétora de nuevos cultivos**

El BINA ha desarrollado 13 nuevas variedades de arroz desde los años setenta mediante el fitomejoramiento por mutaciones, en parte por conducto de la asistencia del OIEA y su programa de cooperación técnica. En el país se han desarrollado más de 40 nuevas variedades de plantas de cultivo con esta técnica; por ejemplo, garbanzos, yute, lentejas, semillas de mostaza, cacahuets, ajonjolí, soja, tomates y trigo.

Estas nuevas variedades ayudan a los agricultores de Bangladesh a hacer frente a problemas persistentes, como la escasez de agua, la sequía, los suelos salinos y la degradación del suelo, que dificultan la supervivencia de los cultivos y hacen improductiva la tierra.

Al igual que Bangladesh, muchos países de la región emplean el fitomejoramiento por mutaciones para que la población disponga de alimentos a pesar de que las condiciones climáticas sean cada vez más rigurosas. En octubre de 2016 Bangladesh acogió un curso de capacitación organizado por el OIEA sobre fitomejoramiento por mutaciones para la obtención de nuevas variedades de arroz, dirigido a científicos procedentes de 12 países de la región. Los participantes intercambiaron experiencias y compartieron materiales a fin de perfeccionar y hacer avanzar sus investigaciones. Una parte del curso de capacitación se dedicó especialmente a ayudar a jóvenes científicos a desarrollar sus capacidades y conocimientos en las técnicas avanzadas de fitomejoramiento para asegurar la continuación de esta labor en sus países.

Este curso es uno de los varios proyectos coordinados de investigación y de cooperación técnica del OIEA relativos al fitomejoramiento por mutaciones que se celebran cada año en todo el mundo.

## **BASE CIENTÍFICA**

### **Fitomejoramiento por mutaciones**

El fitomejoramiento por mutaciones consiste en exponer semillas, esquejes de plantas u hojas trituradas de plantas a la radiación, por ejemplo, a rayos gamma, y luego sembrar la semilla o cultivar el material irradiado en un medio radical estéril, que genere una plántula. Después las distintas plantas se multiplican y se examinan sus rasgos. La reproducción asistida por marcadores moleculares, a menudo denominada selección asistida por marcadores, se emplea para acelerar la selección de las plantas que poseen los rasgos deseados en los genes de interés.

El fitomejoramiento por mutaciones no entraña la modificación de los genes, sino que utiliza los propios recursos genéticos de la planta y emula el proceso natural de mutación espontánea, que es el motor de la evolución. Con el uso de la radiación los científicos pueden acortar de forma significativa el tiempo necesario para cultivar variedades de plantas nuevas y mejoradas.

# Los becarios del OIEA protegen el medio ambiente marino

Oleksandra Gudkova



Varios investigadores que recibieron capacitación en los Laboratorios del OIEA para el Medio Ambiente de Mónaco están aplicando diversas técnicas nucleares en sus países de origen con miras a preservar el medio ambiente marino. Las técnicas están ayudando a los antiguos

becarios del OIEA a proteger mejor sus océanos y mares: desde combatir las floraciones de algas tóxicas hasta rastrear los contaminantes en el agua.

“Para fomentar el desarrollo sostenible no solo es importante que los investigadores implanten las técnicas en sus países; también deben transferir los conocimientos y las competencias especializadas adquiridas a sus colegas”, sostiene Marie-Yasmine Dechraoui Bottein, científica investigadora de los Laboratorios del OIEA para el Medio Ambiente. Algunos meses después de capacitar a los becarios, los expertos del OIEA visitan los países para seguir prestando asesoramiento y ayudarlos a asegurar el pleno funcionamiento de los laboratorios, añade.

Mediante las becas, el programa de cooperación técnica del OIEA fortalece la capacidad y amplía las oportunidades para los profesionales que trabajan en el ámbito de la ciencia y la tecnología nucleares.

El año pasado, por ejemplo, expertos procedentes de Cuba, Filipinas, Marruecos, Singapur, Sri Lanka y Túnez tuvieron la oportunidad de participar en programas de becas especializados. El presente artículo ofrece una visión general de lo que aprendieron algunos de ellos.



**Investigadores de los Laboratorios del OIEA para el Medio Ambiente estudian los contaminantes en los océanos y en los organismos marinos.**

(Fotografía: J. Weilguny/OIEA)

## Ayudar a combatir las floraciones de algas tóxicas

Las biotoxinas —sustancias tóxicas de origen biológico— son un problema que afecta al mundo entero. Se presentan de muchas formas y pueden ser producidas por casi cualquier tipo de organismo vivo, desde animales hasta hongos. Cuando las algas productoras de toxinas crecen en grandes cantidades, pueden afectar a los organismos marinos. Estos fenómenos se denominan “floraciones de algas nocivas” (FAN).

Si las personas ingieren alimentos marinos contaminados por biotoxinas, pueden envenenarse y poner en peligro su vida. Por lo tanto, es importante detectar las biotoxinas antes de que esos alimentos lleguen a la mesa.

El año pasado becarios de distintos países afectados, entre ellos Filipinas, Marruecos y Túnez, pasaron entre uno y seis meses en los laboratorios del OIEA aprendiendo cómo detectar las biotoxinas en los alimentos marinos para gestionar mejor las FAN.

“Nuestro laboratorio será el primero de Marruecos en emplear la técnica I que aprendí durante mi capacitación en Mónaco”, señala Jaouad Naouli, que trabaja en la División de Aguas y Clima del Centro Nacional de Energía, Ciencias y Tecnologías Nucleares (CNESTEN) de Marruecos.

Durante la capacitación, el Sr. Naouli aprendió, entre otras cosas, a aplicar la técnica de análisis de radioreceptor para analizar las biotoxinas. El análisis de radioreceptor posibilita el estudio de las propiedades de las biotoxinas y las interacciones entre las biotoxinas y los receptores con que se unen. Mediante el uso de biotoxinas radiomarcadas, este método permite a los científicos determinar la cantidad de toxinas presentes en los alimentos marinos o en el agua del mar.

“Gracias a esta técnica rápida, sensible y altamente específica, Marruecos dispondrá de un programa de vigilancia de biotoxinas más sólido”, añade el Sr. Naouli.

## El programa de monitorización del medio ambiente de Singapur

En 2016 los Laboratorios del OIEA para el Medio Ambiente acogieron, como parte de un proyecto de cooperación técnica del OIEA, a cuatro becarios de la Agencia Nacional de Medio Ambiente y de la Junta de Servicios Públicos, la agencia nacional de aguas de Singapur. Durante su estancia de tres meses, los becarios recibieron capacitación para aplicar distintas técnicas radioanalíticas a fin de medir las concentraciones de actividad de diversos radionucleidos



**Científico de los Laboratorios del OIEA para el Medio Ambiente de Mónaco.**

(Fotografía: J. Weilguny/OIEA)

presentes en muestras de agua de lluvia, agua del mar, aire, animales y plantas.

“Las sesiones prácticas de laboratorio me permitieron adquirir nuevas aptitudes y buenas prácticas de laboratorio y todas las conferencias y ejercicios me enseñaron a realizar el trabajo radioanalítico de manera independiente”, afirma Wei Ning Yap, químico superior de la Oficina de Calidad del Agua de la Junta de Servicios Públicos.

En particular, los becarios aprendieron a extraer radionucleidos específicos de grandes volúmenes de agua de mar aplicando un método de separación secuencial.

Después de recoger 200 litros de agua de mar y filtrar los radionucleidos específicos, realizaron pruebas para detectar isótopos de cesio, estroncio y plutonio. Los conocimientos obtenidos les ayudarán a medir los niveles de radiactividad en los sedimentos del agua de mar, de los fondos marinos y del agua dulce de Singapur, así como en el agua superficial de sus embalses.

“Las técnicas aprendidas me sirvieron de base para desarrollar diversos métodos de aplicación a escala local en Singapur”, afirma el Sr. Yap. “Esto es muy importante para salvaguardar el ciclo hidrológico de Singapur desde una perspectiva radiológica”.

### **Rastreo de la contaminación marina en Sri Lanka**

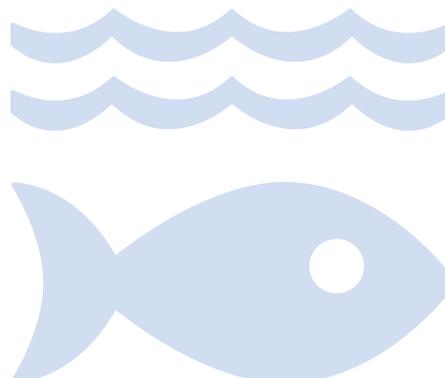
Los científicos de los Laboratorios del OIEA para el Medio Ambiente de Mónaco también imparten capacitación a becarios en el análisis de isótopos estables del carbono y el nitrógeno en muestras marinas para investigar la contaminación y el enriquecimiento en nutrientes. Las técnicas nucleares e isotópicas pueden utilizarse para rastrear la fuente de contaminantes en las zonas de mezcla de los estuarios y en las aguas costeras y poco profundas. Dichas técnicas proveen

una fuente de información única acerca del origen de los contaminantes y se utilizan para rastrear sus vías en el medio ambiente. Asimismo, ayudan a los científicos a reconstruir las condiciones ambientales anteriores, lo cual les permite rastrear los cambios en las condiciones climáticas.

Dos becarios procedentes de Sri Lanka pasaron dos meses en los laboratorios de Mónaco adquiriendo conocimientos sobre esas técnicas e instrumentos. La capacitación que recibieron sobre espectrometría de masas de relaciones isotópicas con analizador elemental (EA-IRMS), técnica empleada para medir la abundancia de isótopos estables en diferentes materiales, les permitirá utilizar un instrumento que les fue suministrado por el OIEA a su regreso a Sri Lanka.

Los científicos de la Junta de Energía Atómica de Sri Lanka prevén establecer una instalación EA-IRMS con miras a desarrollar mejor los procedimientos de análisis de isótopos estables y controlar la contaminación marina en el país.

“La detección de las fuentes de contaminantes con estas técnicas precisas es fundamental, especialmente en la laguna de Negombo, que proporciona medios de subsistencia directos a más de 5000 familias de unas 35 aldeas”, sostiene Dulanjalee Rajapaksha, funcionario científico de la Junta de Energía Atómica de Sri Lanka. “Debemos seguir trabajando para mejorar la calidad de nuestras aguas costeras”.



# Los isótopos estables del nitrógeno ayudan a los científicos a optimizar el uso del agua y los fertilizantes

Miklos Gaspar



En un número creciente de países los expertos están utilizando una técnica nuclear para ayudar a los agricultores a aumentar el rendimiento de los cultivos, optimizar el uso de fertilizantes y evaluar las variedades de arroz, cereales y verduras a fin de determinar su eficiencia en el aprovechamiento de los fertilizantes.

La investigación ha demostrado que los cultivos absorben menos del 40 % de los fertilizantes que se aplican a escala mundial, mientras que el 60 % restante se pierde en la atmósfera o en el agua subterránea, o permanece en el suelo en una forma que no pueden absorber los cultivos.

“Hemos reducido aproximadamente en una cuarta parte el uso de fertilizantes en la parcela de media hectárea donde ensayé el cultivo de la nueva variedad de arroz”, afirma U Kyaw Lay, agricultor del pueblo central de Thar Yar Su (Myanmar). “Esto representa un ahorro importante para mí y para mi familia”. Lay explica que durante la siguiente temporada de cultivo dedicará más terreno al cultivo de esa variedad de arroz en concreto que, en su opinión, tiene mejor sabor que la que se consume tradicionalmente.

Lay y 20 agricultores becarios, que aceptaron participar en ensayos para determinar las mejores prácticas de cultivo con las distintas variedades, recibieron semillas del Departamento

de Investigación Agrícola nacional, que ha experimentado con 106 variedades de arroz existentes y ha detectado seis que absorben con mayor eficiencia los fertilizantes a base de nitrógeno. Esto significa que se necesitan menos fertilizantes para su crecimiento, afirma Su Su Win, Directora de la División de Edafología, Uso del Agua e Ingeniería Agrícola. Los investigadores han recomendado variedades para el cultivo en distintas regiones de Myanmar, inclusive en las tierras marginales, que generalmente pertenecen a agricultores más pobres.

El nitrógeno contribuye de manera importante al crecimiento de las plantas y la fotosíntesis, proceso mediante el cual las plantas transforman la energía de la luz solar en energía química. A menudo el nitrógeno se añade al suelo en forma de fertilizante. Mediante el uso de fertilizantes marcados con isótopos estables de nitrógeno 15 ( $^{15}\text{N}$ ) —átomo con un neutrón adicional en comparación con el nitrógeno “normal”—, los científicos pueden rastrear los isótopos para determinar con qué grado de eficiencia absorben el fertilizante. La técnica también ayuda a determinar la cantidad óptima de fertilizante que debe aplicarse: una vez que el cultivo se satura de nitrógeno, el resto permanece en la tierra y propende a la lixiviación (véase el gráfico).

## En búsqueda de un arroz de alto rendimiento y eficiente desde el punto de vista nutricional

Con apoyo del OIEA y de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Sra. Su Win y su equipo utilizaron la técnica de los isótopos de nitrógeno 15 para determinar la absorción de nitrógeno por las diferentes variedades de arroz.

“El arroz es el cultivo más importante de Myanmar, tanto para la seguridad alimentaria como para el desarrollo industrial”, afirma la Sra. Su Win. Muchas de las variedades que se emplean tradicionalmente en el país son variedades de alto rendimiento sensibles a los fertilizantes —esto es, cultivos que presentan un alto rendimiento únicamente cuando se aplican fertilizantes—, pero los agricultores no se pueden permitir a menudo el uso de fertilizantes y, por tanto, el rendimiento de los cultivos y sus ingresos siguen siendo bajos. Según la Sra. Su Win, gracias a las nuevas variedades eficientes en la absorción de nutrientes que se conocen hoy en día, los agricultores podrán obtener cosechas con mayor rendimiento sin hacer uso excesivo de los fertilizantes.

Los primeros resultados han mostrado que al aplicar juiciosamente el nitrógeno a los cultivos de arroz se ahorra cerca de un 30 % de fertilizantes y se reduce en un 20 % la pérdida de fertilizante en el medio ambiente, a la vez que



Las técnicas nucleares proporcionan datos útiles para aumentar la fertilidad del suelo y la producción de cultivos y a la vez minimizar las repercusiones ambientales.

(Fotografía: M. Gaspar/OIEA)



se optimiza el rendimiento, sostiene Joseph Adu-Gyamfi, especialista en fertilidad del suelo de la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Alimentación y la Agricultura.

El OIEA y la FAO apoyan el uso de esta técnica a escala mundial, prestando asistencia por conducto del programa de cooperación técnica del OIEA y sirviendo de plataforma para la colaboración en la investigación en el marco de numerosos proyectos coordinados de investigación. Actualmente expertos de más de 100 países se benefician de esta asistencia.

### Agricultores de Botswana se benefician de la técnica de nitrógeno 15

En Botswana los científicos especialistas en suelos se encuentran trabajando en la fase inicial de aplicación de la técnica de nitrógeno 15 para determinar la cantidad de fertilizante que se requiere en los suelos y los cultivos de pimiento verde, espinaca y otros cultivos hortícolas.

“Los tipos de suelo son diferentes en todo el mundo, por lo que no podemos basarnos simplemente en resultados obtenidos en otros lugares”, señala Kelebonye Bareeleng, del Laboratorio Nacional de Edafología. “Necesitamos encontrar la cantidad exacta de nitrógeno necesaria para cada uno de nuestros cultivos en particular”.

Aunque los experimentos aún siguen en curso, la Sra. Bareeleng estima, basándose en los primeros resultados, que se podría estar desperdiciando entre uno y dos cuartos de los fertilizantes que se utilizan en los campos de cereal. Esto no solo supone un gasto adicional innecesario para los agricultores, sino que, además, los nitratos no utilizados podrían deteriorar las aguas subterráneas cercanas a las zonas agrícolas. “Esto es demasiado arriesgado para un país como

Botswana que depende de los depósitos subterráneos para obtener agua potable”, constata.

En el incipiente sector hortícola, donde los productores tratan de competir con las importaciones procedentes de Sudáfrica, los fertilizantes representan el costo de insumos más elevado, por lo que si se reduce su uso de manera significativa el sector podría gozar de un mayor nivel de competitividad, apunta la Sra. Bareeleng. Asimismo, señala que “tal vez esta sea la clave del desarrollo de este sector en Botswana”.

### La col en Viet Nam

Según el Sr. Adu-Gyamfi, los resultados obtenidos en Viet Nam con la técnica de nitrógeno 15 demostraron que la mitad del fertilizante aplicado en los campos de col se perdía en el medio ambiente, contaminando el agua y creando problemas de seguridad alimentaria.

“Como resultado de un proyecto de cooperación técnica con el OIEA, actualmente los funcionarios locales están tomando medidas y asesorando a los agricultores sobre el uso más eficiente de los fertilizantes”, señala este especialista.

En el ámbito de la agricultura, Myanmar ha participado en 10 proyectos regionales relacionados con la mejora de la gestión del suelo y el agua y con la incorporación de medidas de defensa contra el cambio climático en los cultivos, así como en cinco proyectos nacionales dedicados al mejoramiento de los cultivos de arroz. Durante el último decenio 68 becas y visitas científicas han ayudado a crear capacidad en Myanmar para aplicar los isótopos y la radiación en la alimentación y la agricultura.

# El programa de cooperación técnica del OIEA y las asociaciones para el progreso

Dazhu Yang, Director General Adjunto, Jefe del Departamento de Cooperación Técnica



Sabemos por experiencia que las asociaciones son indispensables si lo que queremos es ayudar eficazmente a los países a utilizar la ciencia y la tecnología nucleares para superar los desafíos del desarrollo y lograr efectos duraderos.

Dos terceras partes de nuestro programa de cooperación técnica abordan cuestiones respecto de las cuales el OIEA no tiene a su cargo el mandato principal en el sistema de las Naciones Unidas, pero en las que la tecnología nuclear contribuye de manera decisiva a producir resultados favorables al desarrollo sobre el terreno. Las asociaciones con las principales organizaciones de las Naciones Unidas y nuestra constante participación en las conversaciones mundiales sobre las medidas que deben aplicarse en el futuro, hacen posible que nuestro programa potencie al máximo los beneficios que ofrece a los países en distintos sectores, desde la salud hasta la seguridad alimentaria, y desde la gestión del agua hasta la industria.

La consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas es una tarea que ninguna organización puede asumir por sí sola. El Objetivo 17, que hace hincapié en la función de la cooperación con miras a alcanzar el objetivo del desarrollo sostenible, subraya precisamente lo importante que son las asociaciones. Se

necesita colaboración a todos los niveles para ampliar el acceso a la ciencia, la tecnología y la innovación e intensificar el intercambio de conocimientos. El OIEA, que acumula decenios de experiencia en la creación de capacidad en la ciencia y la tecnología para el desarrollo, posee las aptitudes y los conocimientos para complementar, ampliar y hacer avanzar la labor crucial de sus asociados.



Actualmente son más de 140 los países y territorios que reciben apoyo por conducto del programa de cooperación técnica del OIEA. Los proyectos de cooperación técnica regionales e interregionales del OIEA ofrecen un foro en que los países en desarrollo y los países desarrollados pueden trabajar juntos y con otras instituciones, tanto privadas como públicas, para ampliar la formación y acceder a los conocimientos científicos. Así, el aumento de la innovación tecnológica impulsará los efectos en el desarrollo.

## Resultados concretos para los Estados Miembros



Nuestras asociaciones de larga data con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), por ejemplo, nos han permitido aunar aptitudes y recursos para prestar apoyo a países de todo el mundo. Cuando estas asociaciones se combinan con los servicios del programa de cooperación técnica y las actividades coordinadas de investigación del OIEA, los países obtienen acceso a una extensa gama de servicios de apoyo científico y a favor del desarrollo. Las asociaciones con otras organizaciones internacionales ayudan a llevar la ciencia del laboratorio al terreno para ponerla en funcionamiento, con lo que se asegura que las nuevas aptitudes y competencias se apliquen en contextos de desarrollo más amplios, y se fortalezcan y refuercen las aportaciones y actividades de cada una de las organizaciones y entidades de contraparte.

En mayo de 2017 se celebrará la primera conferencia internacional sobre el programa de cooperación técnica del OIEA. Nuestro objetivo es resaltar los logros del programa de cooperación técnica durante los últimos sesenta años y, en particular, mostrar cómo la aplicación de la ciencia y la tecnología nucleares con fines pacíficos puede ayudar a los Estados Miembros a atender a sus prioridades de desarrollo. La conferencia también tiene la finalidad de contribuir a que se conozca mejor cómo el programa de cooperación técnica puede contribuir a la consecución de los ODS. Otro objetivo de la conferencia es tender la mano a nuestras organizaciones hermanas en el mundo del desarrollo y mostrarles los beneficios que conlleva trabajar en asociación con el OIEA. En la conferencia procuraremos fortalecer las asociaciones con los Estados Miembros, el sistema de las Naciones Unidas y las organizaciones regionales, las instituciones financieras, los donantes no tradicionales y el sector privado.



(Fotografía: N. Jawerth/OIEA)

Las aplicaciones de la ciencia y la tecnología nucleares con fines pacíficos tienen un papel singular que desempeñar para satisfacer las necesidades de los países y apoyar el desarrollo en todo el mundo. Por medio de las asociaciones entre el OIEA y otras organizaciones y Estados Miembros podemos asegurar que los beneficios de la ciencia y la tecnología nucleares aplicadas lleguen a las personas que más lo necesiten y que ponemos todo lo mejor de nuestra parte para el bienestar humano, la sostenibilidad mundial y la resiliencia.

## Miembros

### El programa de cooperación técnica

El programa de cooperación técnica es el principal mecanismo de asistencia para el desarrollo que presta el OIEA a los Estados Miembros. El programa crea capacidad nacional para la aplicación de la ciencia y la tecnología nucleares con fines pacíficos y ayuda a los países a desarrollar la infraestructura correspondiente. El programa también facilita la creación de redes y el intercambio de conocimientos y, lo que es muy importante, el fomento de asociaciones para el desarrollo adecuadas a todos los niveles. Los principales instrumentos del programa de cooperación técnica son la capacitación, el asesoramiento especializado y los servicios de compras.

El objetivo estratégico del programa es crear efectos socioeconómicos tangibles mediante su contribución al logro de las principales prioridades de desarrollo sostenible de los países. El programa se guía por las solicitudes de asistencia que presentan los Estados Miembros en consonancia con sus prioridades nacionales, y les ofrece orientación sobre la mejor manera de atender sus necesidades con el uso de la tecnología nuclear.



**Desarrollo  
socioeconómico  
sostenible**

## El Japón apoyará la utilización de ensayos no destructivos para la recuperación en casos de desastre en Asia y el Pacífico



(Fotografía: M. Gaspar/OIEA)

En febrero de 2017 el Japón apoyó una iniciativa del OIEA consistente en el uso de la tecnología nuclear para la verificación de la integridad de los edificios a raíz de terremotos y otros desastres naturales. La donación se efectuó por conducto de la Iniciativa del OIEA sobre los Usos Pacíficos.

Los terremotos o inundaciones pueden provocar defectos no visibles en estructuras civiles de importancia crítica, aun cuando se mantengan en pie, que podrían plantear nuevos riesgos si no se detectan con prontitud y se restauran rápidamente. En los ensayos industriales basados en tecnologías nucleares se emplea radiación ionizante, junto con otros métodos, para comprobar la calidad de los materiales sin causarles daños ni dejar residuos radiactivos. Esos ensayos no destructivos (END) se utilizaron satisfactoriamente después del devastador terremoto ocurrido en el Nepal en abril de 2015 para comprobar la integridad de edificios importantes como hospitales, escuelas y atracciones históricas.

“La tecnología de los END permite que los países examinen las estructuras con rapidez y eficiencia empleando equipos sencillos y fáciles de transportar”,

señala Joao Osso Junior, Jefe de la Sección de Productos Radioisotópicos y Tecnología de la Radiación del OIEA. “Esta tecnología puede servir de ayuda a los países que son especialmente propensos a desastres naturales”.

La nueva actividad complementará la labor que lleva a cabo el OIEA en el ámbito de un proyecto de cooperación técnica destinado a apoyar las actividades de preparación y recuperación de infraestructuras civiles a raíz de catástrofes naturales en Asia y el Pacífico. Se ofrecerá capacitación a los expertos de países de la región, así como equipos de END, si estos fuesen necesarios tras un desastre.

La contribución del Japón consistirá, entre otras cosas, en la organización de cursos de capacitación y el almacenamiento de equipos en el Centro de Creación de Capacidad de la Red de Respuesta y Asistencia del OIEA (RANET) de la prefectura de Fukushima, que se inauguró en 2013. Desde entonces el OIEA ha desarrollado actividades de capacitación en el Centro de Creación de Capacidad de la RANET con el propósito de apoyar a los participantes locales, nacionales e internacionales en la preparación de medidas para dar

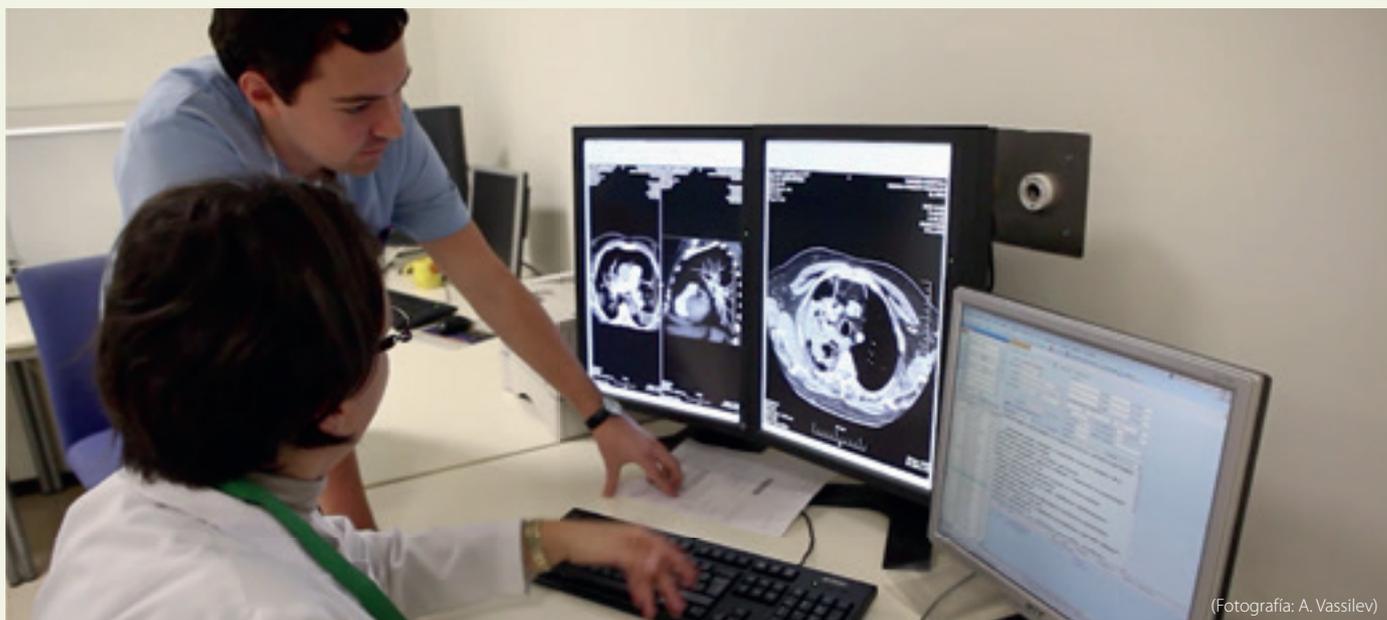
respuesta a emergencias nucleares o radiológicas. Las actividades de capacitación ampliarán ahora su alcance para abarcar la tecnología de los END.

El Gobierno de Malasia, que acoge un centro colaborador del OIEA en materia de END, también ha contribuido a esta nueva iniciativa. Los centros colaboradores del OIEA promueven el uso práctico de técnicas nucleares para la investigación y el desarrollo en todo el mundo y, en el caso de Malasia, en los ámbitos de la industria y los END.

Los métodos para llevar a cabo estos ensayos incluyen la radiografía, un tipo de tecnología de la radiación, y la tomografía gamma, que se basa en la absorción diferencial en distintos materiales de rayos gamma emitidos por una fuente radiactiva. Al medir los rayos que atraviesan el material sin que este los absorba se puede determinar su configuración y estructura. Estas técnicas permiten descubrir defectos estructurales imposibles de detectar mediante los métodos de ensayo tradicionales.

— Miklos Gaspar

## Protección de los pacientes y promoción de la cultura de la seguridad en el diagnóstico por imagen



(Fotografía: A. Vassilev)

La exposición involuntaria y accidental de los pacientes a la radiación en el diagnóstico por imagen puede reducirse de manera importante si se fomenta el conocimiento de prácticas seguras, mensaje que escucharon los participantes en una reunión del OIEA celebrada en marzo de 2017.

“Aunque los incidentes relacionados con condiciones de exposición extrema e innecesaria son poco frecuentes, pueden evitarse y su gravedad puede reducirse considerablemente si los procedimientos de imagenología se llevan a cabo de forma adecuada”, señaló la especialista en protección radiológica Jenia Vassileva en la Reunión Técnica del OIEA sobre Prevención de las Exposiciones Médicas Involuntarias y Accidentales en Radiología, que tuvo lugar en la Sede del OIEA en Viena del 6 al 8 de marzo de 2017.

Los participantes en la reunión, que congregó a reguladores y profesionales de la salud procedentes de 25 países y varias organizaciones internacionales, llegaron a la conclusión de que los accidentes e incidentes en la imagenología por rayos X suelen producirse por la falta de sensibilización de los profesionales y pacientes acerca de los posibles efectos nocivos de la exposición médica involuntaria. Esto puede deberse al insuficiente conocimiento de los riesgos y factores coadyuvantes pertinentes entre los profesionales de la medicina y las autoridades reguladoras y de salud pública.

Cada año se llevan a cabo más de 4000 millones de procedimientos de radiología en todo el mundo. Las técnicas de imagenología médica, como la radiografía de rayos X, la tomografía computarizada y los procedimientos intervencionistas guiados por imágenes, son fuentes valiosas para diagnosticar diversos problemas de salud y orientar los tratamientos. No obstante, los expertos reconocen que pueden existir riesgos para la salud derivados de la exposición involuntaria, como por ejemplo, lesiones cutáneas, pérdida de cabello o, si una mujer está embarazada sin saberlo, riesgos para el feto.

Dina Farag Husseiny, radióloga de la Autoridad de Energía Atómica de Egipto, explicó los posibles efectos de la exposición a la radiación en las mujeres embarazadas. “El diagnóstico por imagen requiere una cautela extrema, especialmente cuando se aplica en pacientes que sufren ciclos menstruales irregulares o largos períodos de infertilidad”, afirmó, y añadió que como esas pacientes no suelen percatarse de su embarazo hasta las últimas etapas de gestación debido a las condiciones preexistentes mencionadas, pueden quedar expuestas accidentalmente a la radiación en las primeras 5 a 11 semanas de embarazo.

Donald Frush, Presidente de la Alianza Image Gently, una coalición de organizaciones de atención de la salud que se encarga de prestar servicios de imagenología pediátrica seguros y de alta calidad en todo el mundo, dijo que

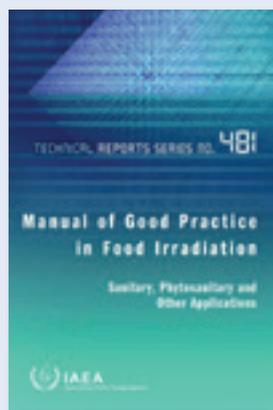
la participación de expertos de diversas disciplinas era fundamental para el éxito de la reunión. “Es muy importante que se hagan oír todas las voces para forjar un sentido dinámico sobre el carácter de las diversas aportaciones profesionales de los ámbitos de conocimientos especializados”, señaló.

### La función del OIEA

El OIEA presentó en la reunión su sistema de notificación y aprendizaje relacionado con los procedimientos intervencionistas guiados por imágenes que entrañan riesgos de lesiones cutáneas, denominado Seguridad en los Procedimientos Radiológicos (SAFRAD).

“El OIEA seguirá prestando apoyo a los Estados Miembros para que apliquen las Normas básicas internacionales de seguridad por medio de diversas actividades”, dijo la Sra. Vassileva. “Nuestra plataforma en línea, Protección Radiológica de los Pacientes, presta asistencia a la comunidad médica y los pacientes facilitando distintos materiales de enseñanza y capacitación. Nuestros seminarios web gratuitos brindan a los profesionales la oportunidad de participar desde cualquier lugar del mundo para aprender sobre las últimas novedades registradas en materia de protección radiológica en el campo de la medicina”.

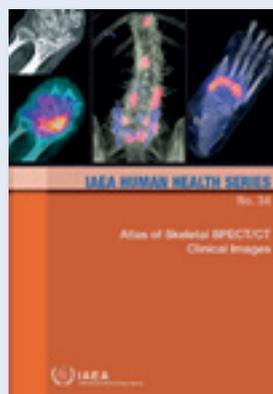
— Nanako Kogiku



## Manual de buenas prácticas para la irradiación de alimentos

Esta publicación tiene por objeto ayudar a que los explotadores de las instalaciones de irradiación valoren y mejoren sus prácticas en el proceso de irradiación de alimentos. El manual proporciona información técnica detallada y, al mismo tiempo, sencilla a las partes interesadas, como reguladores, fabricantes y comerciantes de alimentos, que también necesitan conocer en qué consiste una “buena práctica”. Garantizar que la práctica de irradiación de alimentos produzca sistemáticamente el resultado deseado es fundamental para la correcta aplicación de la tecnología y ayudará a inspirar en los consumidores confianza en los alimentos irradiados.

*Colección de Informes Técnicos* N° 481; ISBN 978-92-0-306116-2; edición en español; 48,00 euros; 2017  
[www-pub.iaea.org/books/iaeabooks/10801/Food](http://www-pub.iaea.org/books/iaeabooks/10801/Food)

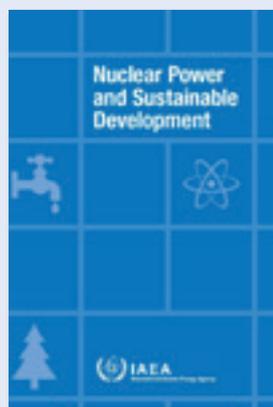


## Atlas of Skeletal SPECT/CT Clinical Images

Esta publicación se centra concretamente en la tomografía computarizada por emisión de fotón único combinada con tomografía computarizada (SPECT/TC) en la imagenología musculoesquelética y, así pues, describe las ventajas intrínsecas de la combinación en un único procedimiento de los componentes metabólico y anatómico. Además, el atlas proporciona información sobre la utilidad de varios conjuntos de indicaciones específicas. Esta obra, que tiene más la función de instrumento de capacitación que de manual, ayudará a integrar más la experiencia en el empleo de la SPECT y la TC en la práctica clínica mediante la presentación de una serie de casos típicos con muchas pautas de SPECT/TC diferentes vistas en la gammagrafía ósea.

*Colección de Salud Humana del OIEA* N° 34; ISBN 978-92-0-103416-8; edición en inglés; 75,00 euros; 2016

[www-pub.iaea.org/books/iaeabooks/10936/Atlas](http://www-pub.iaea.org/books/iaeabooks/10936/Atlas)



## Nuclear Power and Sustainable Development

En esta publicación se estudia la posible contribución de la energía nuclear para hacer frente a las cuestiones relativas al desarrollo sostenible por medio de una amplia selección de indicadores. Se analizan las características de la energía nucleoelectrónica, en comparación con fuentes alternativas de suministro de electricidad, y en consonancia con los pilares económico, social y ambiental de la sostenibilidad. Las conclusiones que se resumen en la publicación ayudarán al lector a considerar, o reconsiderar, la contribución que puede efectuarse mediante el desarrollo y la explotación de las centrales nucleares para conseguir sistemas energéticos más sostenibles.

Publicaciones monográficas; ISBN 978-92-0-107016-6; edición en inglés; 45,00 euros; 2016  
[www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/11084/NPSust](http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/11084/NPSust)



*El OIEA es una editorial puntera en la esfera nuclear. Entre sus más de 9000 publicaciones científicas y técnicas publicadas figuran normas de seguridad internacionales, guías técnicas, actas de conferencias e informes científicos, que abarcan la enorme variedad de actividades del OIEA, con especial atención a la energía nucleoelectrónica, la radioterapia, la seguridad nuclear tecnológica y física, y el derecho nuclear, entre otros ámbitos.*

**Si necesita información adicional o desea encargar una publicación, póngase en contacto con:**

Dependencia de Mercadotecnia y Venta, Organismo Internacional de Energía Atómica  
 Vienna International Centre, PO Box 100, A-1400 Viena, Austria

Correo electrónico: [sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org)

# La contribución del OIEA a los Objetivos de Desarrollo Sostenible

La pobreza, el hambre, la salud humana, el agua potable, la energía asequible y limpia, la industria y la innovación y el cambio climático son esferas en las que el OIEA trabaja desde hace 60 años. A continuación se ofrece un resumen de algunas formas en que el OIEA apoya a los Estados Miembros en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Las actividades del OIEA son pertinentes para muchos de los ODS. Específicamente, el Organismo:



ayuda a hacer frente al hambre y la malnutrición en países menos adelantados por medio de técnicas nucleares e isotópicas;



contribuye a la mitigación del cambio climático y la adaptación a este, por ejemplo, prestando asistencia a los países para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero y evaluando los efectos del cambio climático;



contribuye a establecer y fortalecer la medicina nuclear, la radioterapia y la producción de radiofármacos;



capacita a científicos en el uso de técnicas nucleares para la vigilancia y gestión de los fenómenos del medio marino;



apoya la gestión eficaz del agua a escala mundial mediante técnicas nucleares e isotópicas;



apoya la utilización de técnicas isotópicas a fin de invertir la degradación de las tierras y restaurar los suelos;



fomenta la utilización eficiente y segura de la energía nucleoelectrónica en todo el mundo;



facilita la transferencia de tecnología mediante la creación de asociaciones con sus Estados Miembros y otras organizaciones internacionales.



incrementa la producción y la seguridad industriales con el uso de tecnologías nucleares;

Puesto que los ODS están interrelacionados, la labor del OIEA también contribuye, por ejemplo, a las actividades de los Estados Miembros destinadas a reducir la pobreza mediante el control de las enfermedades de los animales y las plantas (ODS 1); mejorar la educación mediante la prestación de apoyo a las escuelas, la impartición de cursos de capacitación y el ofrecimiento de becas y visitas de expertos (ODS 4); fomentar la igualdad de género mediante la promoción de la contratación de mujeres y la educación científica y técnica para niñas y mujeres (ODS 5), y consolidar la paz, la justicia y las instituciones sólidas (ODS 16) mediante el asesoramiento jurídico y en materia de reglamentación.

**“Nuestra labor en estas esferas es crucial. Espero que se intensifique a la luz de los ODS y nos haga avanzar hacia la consecución del plan a largo plazo encaminado a mejorar la vida de las personas y proteger el planeta para las generaciones futuras”.**

*Yukiya Amano, Director General del OIEA, en la cumbre de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, Nueva York, 27 de septiembre de 2015*

CONFERENCIA MINISTERIAL INTERNACIONAL

# La Energía Nucleoeléctrica en el Siglo XXI

30 DE OCTUBRE A 1 DE NOVIEMBRE DE 2017  
ABU DHABI (EMIRATOS ÁRABES UNIDOS)



[iaea.org/meetings](http://iaea.org/meetings)  
CN-247

Organizada por



IAEA

60 años

Átomos para la paz y el desarrollo

En colaboración  
con la Agencia para  
la Energía Nuclear



NEA

NUCLEAR ENERGY AGENCY

Auspiciada por el Gobierno de los Emiratos Árabes  
Unidos por conducto del Ministerio de Energía y  
la Autoridad Federal de Reglamentación Nuclear



UNITED ARAB EMIRATES  
MINISTRY OF ENERGY



FANR  
الهيئة الاتحادية للرقابة النووية  
Federal Authority for Nuclear Regulation