

# IAEA BULLETIN

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA

La publicación emblemática del OIEA | Marzo de 2018



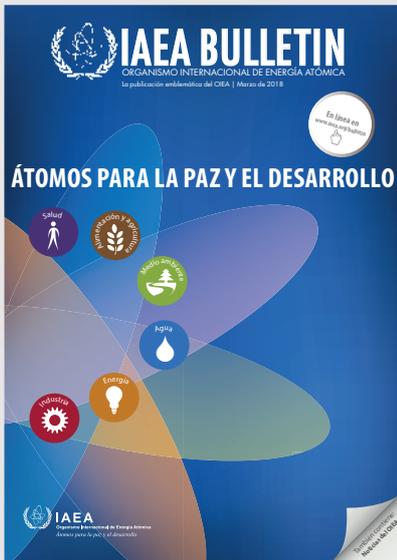
## ÁTOMOS PARA LA PAZ Y EL DESARROLLO



**IAEA**

Organismo Internacional de Energía Atómica  
*Átomos para la paz y el desarrollo*

También contiene:  
**Noticias del OIEA**



### EL BOLETÍN DEL OIEA

es una publicación de la  
Oficina de Información  
al Público y Comunicación (OPIC)  
Organismo Internacional de Energía Atómica  
Vienna International Centre  
PO Box 100, 1400 Viena (Austria)  
Teléfono: (+43 1) 2600-0  
iaeabulletin@iaea.org

Redactor: Miklos Gaspar  
Diseño: Ritu Kenn

El BOLETÍN DEL OIEA puede consultarse 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. En caso de que el material que quiera volverse a publicar no sea de la autoría de un miembro del personal del OIEA, deberá solicitarse permiso al autor o a la organización que lo haya redactado, salvo cuando se trate de una reseña.

Las opiniones expresadas en los artículos firmados que figuran en el *Boletín del OIEA* no representan necesariamente las del Organismo Internacional de Energía Atómica y este declina toda responsabilidad al respecto.

Portada: R. Kenn/OIEA

Síguenos en:



La misión del Organismo Internacional de Energía Atómica es evitar la proliferación 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, creado en 1957 como organismo independiente de las Naciones Unidas, es la única organización del sistema de las Naciones Unidas especializada en tecnología nuclear. Por medio de sus laboratorios especializados, únicos en su clase, transfiere conocimientos y competencias técnicas a sus Estados Miembros en esferas como la salud humana, la alimentación, el agua, la industria y el medio ambiente.

El OIEA, que, además, proporciona una plataforma mundial para la mejora de la seguridad física nuclear, ha creado la *Colección de Seguridad Física Nuclear*, cuyas publicaciones ofrecen orientaciones a ese respecto que gozan del consenso internacional. La labor del OIEA también se centra en contribuir a que se reduzca 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 conjunto de principios fundamentales de seguridad y reflejan el consenso internacional sobre lo que constituye un alto grado de seguridad con respecto a la protección de las personas y el medio ambiente frente a los efectos nocivos de la radiación ionizante. Esas normas han sido elaboradas pensando en que sean aplicables a cualquier tipo de instalación o actividad nuclear destinada a fines pacíficos, así como a las medidas protectoras encaminadas a reducir los riesgos radiológicos existentes.

Mediante su sistema de inspecciones, el OIEA también verifica que los Estados Miembros utilicen los materiales e instalaciones nucleares exclusivamente con fines pacíficos, conforme a los compromisos contraídos 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 un amplio espectro de asociados a escala nacional, regional e internacional. Los programas y presupuestos del OIEA se establecen mediante decisiones de sus órganos rectores, a saber, la Junta de Gobernadores, integrada 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 y 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, y proporciona apoyo y financiación al Centro Internacional de Física Teórica "Abdus Salam", en Trieste (Italia).

# Átomos para la paz y el desarrollo: hacia el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Yukiya Amano, Director General del OIEA

La tecnología y la innovación científica son esenciales para el desarrollo. Las aplicaciones nucleares traen consigo grandes ventajas en muchos ámbitos de la vida, como la salud, la agricultura o la producción de alimentos y energía, así como en muchos sectores de la industria. El OIEA está en inmejorables condiciones para ayudar a los Estados Miembros a servirse de la tecnología nuclear para cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

El lema “Átomos para la paz y el desarrollo” resume nuestra misión: velar por que la tecnología nuclear sea utilizada únicamente con fines pacíficos y ayudar a los Estados Miembros a servirse de esta extraordinaria tecnología para aportar a su población mayores niveles de bienestar y prosperidad. La transferencia de tecnología nuclear a los países en desarrollo es una actividad básica del OIEA y uno de los aspectos más importantes de nuestra labor.

Como Director General del OIEA viajo a muchos países y conozco a personas cuya vida se ha visto influida, e incluso transformada, por la labor del Organismo. Son momentos muy gratificantes. En la presente edición del *Boletín del OIEA* presentamos una pequeña muestra de estas experiencias.

Leyendo estas páginas descubrirá que los arroceros de Indonesia han duplicado su producción y sus ingresos cultivando una variedad de arroz obtenida por irradiación que es resistente a algunos de los efectos del cambio climático (página 4). También sabrá que los agricultores de la República Dominicana han utilizado técnicas nucleares para acabar con las plagas de insectos, lo que les ha permitido reanudar las exportaciones de frutas y hortalizas (página 6). Los veterinarios de Lesotho nos explican cómo, por primera vez, han podido someter a los animales a pruebas de detección de enfermedades animales y zoonóticas y proteger gracias a ello la salud del ganado y de las personas (página 8).

En otro artículo se dan ejemplos de la contribución de las técnicas nucleares a las labores de recuperación realizadas en Nepal, el Ecuador y el Perú tras una devastadora catástrofe natural (página 20). Presentamos también el caso de una pequeña empresa de Malasia que ha conseguido fabricar productos de mejor calidad gracias al uso de la radiación, lo que le ha servido para ganar en competitividad e insertarse en circuitos económicos internacionales (página 24).



Muchos países creen que la energía nucleoelectrica puede ayudarles a cumplir el doble objetivo de combatir el cambio climático sin renunciar por ello a disponer de suficiente energía para desarrollar su economía. Dedicaremos especial atención a la cooperación del OIEA con Bangladesh, país que el año pasado empezó a construir su primera central nuclear (página 22).

El número de países que forman parte del OIEA ha seguido creciendo, hasta llegar a los 169 Estados Miembros con que cuenta actualmente. También aumenta sin cesar el número de solicitudes que recibimos para prestar ayuda en todos los ámbitos de la ciencia nuclear y sus aplicaciones. La Iniciativa del OIEA sobre los Usos Pacíficos ha sido fundamental para ayudarnos a obtener recursos de cooperación técnica complementarios y poder atender así esta creciente demanda. Esta iniciativa también nos ha proporcionado mayor flexibilidad para dar rápida respuesta a problemas inéditos y nos ha ayudado a forjar nuevas alianzas con el sector privado.

Confío en que disfruten descubriendo aquí las muchas formas en que obra el OIEA para mejorar en todo el mundo la vida de las personas gracias al uso de la tecnología nuclear con fines pacíficos.



(Fotografía: C. Brady/OIEA)



(Fotografía: C. Brady/OIEA)



(Fotografía: Oficina de Asuntos Jurídicos, Relaciones Públicas y Cooperación, Agencia Nacional de Energía Nuclear de Indonesia [BATANI])

Alimentación  
y agricultura



**4 Lucha contra el cambio climático: extensión en Indonesia de una variedad de arroz obtenida con técnicas nucleares**



**6 Una técnica nuclear ayuda a la República Dominicana a erradicar una plaga de insectos y reanudar las exportaciones de frutas y hortalizas**



**8 Lesotho está hoy mejor preparado para combatir las enfermedades animales y zoonóticas**

Agua  
y  
medio ambiente



**10 Costa Rica prepara el terreno para una agricultura climáticamente inteligente**



**12 Namibia recibe apoyo del OIEA para estudiar el ecosistema marino que sostiene las principales pesquerías**



**14 Cómo ganar la batalla contra la erosión del suelo: conservación de tierras fértiles y preservación de la calidad del agua con ayuda de técnicas nucleares**

Salud



**18 Mejora de los servicios de radioterapia en Moldova**



**20 Tras una catástrofe natural, la tecnología nuclear ayuda en la recuperación**

Energía



**22 En marcha la implantación de energía nucleoelectrica en Bangladesh, con apoyo del OIEA**

Industria



**24 El tratamiento por irradiación permite a pequeñas empresas malayas incorporarse a cadenas de valor mundiales**



**26 De visita en el centro internacional de investigación SESAME**

Iniciativa sobre los Usos Pacíficos



**30 ¿Qué es la Iniciativa sobre los Usos Pacíficos?**



**32 Sigue avanzando la modernización de los laboratorios del OIEA**

**1 Átomos para la paz y el desarrollo: hacia el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible**

**33 Noticias del OIEA**

**36 Publicaciones del OIEA**

# Lucha contra el cambio climático: extensión en Indonesia de una variedad de arroz obtenida con técnicas nucleares

Miklos Gaspar



**Trabajadores de la Agencia Nacional de Energía Nuclear (BATAN) de Indonesia plantan variedades de arroz obtenidas por irradiación.**

(Fotografía: Yustantiana/BATAN).

**M**acizo, robusto y de maduración rápida; así es como los agricultores indonesios quieren su arroz, y eso es exactamente lo que la ciencia nuclear les ha dado. Sin olvidar la guinda: también les ha procurado mayores ingresos.

La campaña de finales de 2017 fue la segunda en la que cerca de 200 agricultores de Java Oriental, utilizando la variedad Inpari Sidenuk (que significa “dedicatoria nuclear” en indonesio), lograron responder a los problemas planteados por el cambio climático y al mismo tiempo duplicar el rendimiento de sus cultivos, que llegó a las 9 toneladas por hectárea. La Inpari Sidenuk es una de las veintidós variedades de arroz obtenidas por científicos de la Agencia Nacional de Energía Nuclear (BATAN) de Indonesia utilizando técnicas de irradiación, proceso empleado a menudo para inducir en los cultivos la aparición de nuevos rasgos útiles (véase el recuadro “Base científica”).

El OIEA, en cooperación con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y con financiación parcial de la Iniciativa sobre los Usos Pacíficos, ayuda a investigadores de 70 países, entre ellos Indonesia, a utilizar la radiación en la investigación agronómica. La obtención de nuevas variedades perfeccionadas ayuda a mejorar el suministro de alimentos y, con ello, los niveles de seguridad alimentaria.

“Para nosotros es especialmente importante contar con variedades resistentes a las nuevas condiciones meteorológicas, cada vez más caprichosas, que trae consigo el cambio climático,” dice Abdul Rasyid Afandi, agricultor de Mangaran que ha cultivado la nueva variedad en más de la mitad de su parcela de 2 hectáreas.

El Sr. Afandi explica que en esa zona los agricultores pueden sembrar arroz tres veces al año, una en la temporada seca y dos en la lluviosa. En los últimos años la duración de las temporadas ha variado más de lo habitual, lo que se ha traducido en un tiempo globalmente más seco y ha facilitado la propagación de nuevas plagas y enfermedades. Debido a ello, los agricultores han visto cómo el rendimiento de las variedades utilizadas hasta ahora caía por debajo de las 5 toneladas por hectárea.

La introducción de la variedad Inpari Sidenuk no solo ha llevado a recuperar los niveles previos de rendimiento, sino que, con 9 toneladas por hectárea, ha deparado cosechas sensiblemente superiores a las de antaño. El tallo de la planta es mucho más bajo, lo que la hace menos vulnerable a los fuertes vientos que solían destruir cerca de una décima parte de la cosecha.

El único problema es que los agricultores no disponen de suficientes semillas, dice A. Sidik Tanoyo, funcionario del Ministerio de Agricultura en Java Oriental. “Es importante producir más semillas para extender la superficie de cultivo y contribuir así al aumento de la productividad y de los ingresos de los agricultores”, explica. Corresponde ahora a las autoridades agrícolas del país producir más semillas de la nueva variedad. Para esta producción en masa ya no hay que emplear la irradiación; basta con la multiplicación convencional de semillas.

Para conseguir que una nueva variedad llegue a los agricultores es fundamental que haya una cooperación fluida entre la BATAN y las autoridades agrícolas, dice Ita Dwimahyani, fitotécnica del Centro de Aplicaciones Isotópicas y Radiológicas de la BATAN. El arroz Inpari Sidenuk fue obtenido en 2007 a partir de una variedad local y la BATAN empezó a distribuirlo en 2011. Sin embargo, debido a problemas de distribución, pasaron varios años hasta que llegó a manos de los agricultores.

“Estamos encantados con esta nueva variedad,” dice el Sr. Afandi. Los ingresos adicionales que espera obtener en los próximos años le ayudarán a pagar la formación universitaria de sus hijos y a ahorrar para cuando sea mayor, añade.



## Indonesia selecciona una variedad de soja obtenida por técnicas nucleares para producirla en masa

El Ministerio de Agricultura de Indonesia ha elegido una variedad mejorada de soja obtenida por técnicas nucleares para cimentar en ella su plan nacional de autosuficiencia, concebido para elevar el nivel de seguridad alimentaria del país.

El *tempeh*, hecho con soja fermentada, es uno de los componentes básicos de la alimentación indonesia, que normalmente se consume acompañado de arroz o caldo. En los últimos 20 años, sin embargo, debido al crecimiento demográfico y al aumento del nivel de vida, el consumo de este producto ha aumentado sensiblemente, por lo que el país ha ido perdiendo su autosuficiencia en la producción de *tempeh*. En estos momentos Indonesia importa cerca del 60 % de los 2,2 millones de toneladas de soja que se consumen al año. El Gobierno desea elevar considerablemente la producción nacional. Para ello, no obstante, se requiere una variedad adaptada al clima tropical del país, que ofrezca un elevado rendimiento y sea resistente a las plagas locales.

El Ministerio de Agricultura ha seleccionado una variedad desarrollada por la Agencia Nacional de Energía Nuclear (BATAN) para producir semillas en masa y distribuir las a los agricultores por las favorables características que presenta, explica Lukman Hakim, funcionario del Ministerio a cargo del proyecto. La variedad en cuestión, denominada Mutiara 1, fue obtenida por irradiación. El sufijo “ra” corresponde a “radiación”.

Esta variedad tiene muchas ventajas en comparación con la variedad tradicional de soja, señala Gatot Gatot, uno de los 12 agricultores implantados en el corazón de la zona de producción de soja del país, en Java Oriental, que ya utilizan la nueva variedad. “Las plantas son más bajas y robustas, toleran el viento y son resistentes a las enfermedades,” afirma. Y lo que es más importante: su rendimiento, que supera las 3 toneladas por



**La variedad de soja que cultiva el agricultor indonesio Gatot Gatot ha sido obtenida por irradiación. El Ministerio de Agricultura la ha seleccionado para su multiplicación como parte de su plan de seguridad alimentaria.**

(Fotografía: M. Gaspar/OIEA)

hectárea, es un 25 % superior al de las variedades locales. Las semillas son más grandes y de mejor calidad, con un precio por kilogramo que oscila entre 6500 y 7000 rupias (40-44 céntimos de euro). El precio de la variedad local está por debajo de las 6000 rupias.

La mayoría de los 200 agricultores de este pueblo desea cultivar la variedad Mutiara 1, pero de momento no hay suficientes semillas para satisfacer la demanda, dice A. Sidik Tanoyo, técnico de distrito del Ministerio de Agricultura. “Esto cambiará a partir de ahora, gracias a la reciente decisión del Gobierno.”

Entretanto, los científicos de la BATAN seguirán generando nuevas variedades y dotándolas de rasgos aún mejores. La variedad Mutiara 1 no es idónea para la estación húmeda, cuando sus grandes semillas adquieren un color amarronado y son menos viables, explica Azri Kusuma Dewi, fitotécnica del Centro de Aplicaciones Isotópicas y Radiológicas de la BATAN (Yakarta). “Hay que seguir trabajando para optimizar esta variedad induciendo mutaciones y obtener otra variedad más adaptada a la temporada de lluvias.”

## BASE CIENTÍFICA

### Selección de nuevas variedades con técnicas nucleares

Los científicos de la BATAN han generado veintidós variedades de arroz mediante un proceso denominado fitotecnia por mutagénesis que se viene utilizando desde el decenio de 1930 para acelerar el proceso de obtención y selección de nuevos rasgos agronómicos de interés. Con esta técnica se trata de imitar el proceso natural de la mutación espontánea a partir del propio acervo genético de la planta. El proceso de mutación genera variaciones genéticas aleatorias que dan lugar a plantas con nuevos rasgos útiles.

Los científicos de la BATAN utilizan la radiación gamma para inducir mutaciones en las semillas y acelerar considerablemente el proceso de mutación natural. Tras irradiar las semillas, examinan las nuevas plantas mutantes para comprobar si presentan determinadas características y seleccionan aquellas que poseen rasgos útiles para reproducirlas a gran escala y después distribuir las a los agricultores.

# Una técnica nuclear ayuda a la República Dominicana a erradicar una plaga de insectos y reanudar las exportaciones de frutas y hortalizas

Luciana Viegas y Laura Gil



Estas moscas mediterráneas de la fruta capturadas sobre el terreno pasan por un proceso de identificación para confirmar que son estériles. Gracias al uso de radiación para esterilizar a estos insectos, la plaga quedó erradicada de la República Dominicana en julio de 2017.

(Fotografía: L. Gil/OIEA)

En 2017 la República Dominicana erradicó una importante plaga agrícola, la mosca mediterránea de la fruta, con ayuda de una técnica nuclear y apoyo del OIEA y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Dos años después del inicio de un brote que hizo estragos en su sector agrícola, en julio de 2017 el país declaró que estaba libre del insecto.

Las autoridades utilizaron la técnica de los insectos estériles (TIE) para erradicar la mosca (véase el recuadro “Base científica”).

El brote de mosca mediterránea de la fruta en la República Dominicana, notificado por primera vez en marzo de 2015 en las inmediaciones de la popular ciudad turística de Punta Cana, se extendió luego rápidamente por una zona de 2000 kilómetros cuadrados de la región oriental del país. En cuanto el Gobierno anunció la existencia de la plaga, los Estados Unidos prohibieron la importación de 18 frutas y hortalizas, medida que supuso un golpe muy duro para las exportaciones del país.

Las frutas y hortalizas representan aproximadamente el 30 % de las exportaciones de alimentos y reportan a la República Dominicana unos ingresos anuales de alrededor de 610 millones de dólares estadounidenses, según datos del Banco Central del país. Se calcula que solo en 2015 la prohibición supuso unos 42 millones de dólares de pérdidas en la exportación de frutas y hortalizas y puso en peligro miles de puestos de trabajo. Gracias a las fructíferas medidas de erradicación, ahora la prohibición ha quedado levantada por completo.

“La mosca mediterránea de la fruta es una de las plagas agrícolas más dañinas del mundo”, dice Aldo Malavasi, Director General Adjunto del OIEA y Jefe del Departamento de Ciencias y Aplicaciones Nucleares del OIEA. “Ataca diversas variedades de frutas y hortalizas y se propaga a gran velocidad”.

Una hembra puede poner hasta 400 huevos a lo largo de su vida. En un país del tamaño de la República Dominicana, bastan seis meses para que arraigue una población numerosa.

“Aquello fue un desastre”, lamenta Pablo Rodríguez, director financiero de Ocoa Avocados, el mayor exportador de aguacate verde del país. “Las exportaciones representan prácticamente toda nuestra actividad, así que puede imaginarse las pérdidas. En marzo, justo cuando entró en vigor la prohibición, teníamos los productos listos para exportar. Todo aquello se perdió, al igual que el siguiente ciclo de producción”. Ocoa Avocados sufrió pérdidas por valor de 8 millones de dólares.

Si bien la mayoría de las moscas fueron detectadas en almendros del litoral cuyos frutos no estaban destinados al comercio, cundió el temor de que los insectos también invadieran explotaciones comerciales de frutas y hortalizas. Se considera que toda aparición de la mosca entraña un gran riesgo, lo que suele llevar a los países que están exentos de la plaga a restringir las importaciones de frutas y hortalizas expuestas.



## Contra la mosca

Cuando el Gobierno detectó el brote no disponía de capacidad institucional adecuada para afrontarlo, explica el Ministro de Agricultura Ángel Estévez. “Para nosotros llegó a ser traumático. Me iba a dormir pensando en la mosca, soñaba con la mosca y por la mañana me despertaba con la mosca en la cabeza”.

A petición del Gobierno, el OIEA, por medio de su programa de cooperación técnica, ayudó a adaptar una instalación situada en la población de Higüey para que acogiera moscas macho estériles traídas de Guatemala. A partir de octubre de 2015 se soltaron más de 4000 millones de machos estériles en las zonas afectadas.

El OIEA, junto con la FAO y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, también capacitó a personal local en la implantación de sistemas de vigilancia en todo el país para atrapar e identificar a las moscas y en el uso de métodos complementarios de control de plagas, como la poda de árboles, la destrucción de fruta que pueda albergar al insecto y la utilización selectiva de plaguicidas.

## La mosca contra el Caribe

La asistencia prestada por el OIEA, la respuesta coordinada a la emergencia y las actividades de contención del brote emprendidas por el Ministerio han tenido una serie de efectos colaterales positivos, no solo para la República Dominicana, sino también para la región en su conjunto.

“El proyecto sirvió también para impedir que la mosca se propagara a otros países del Caribe y el continente, como México o los Estados Unidos, con lo que se evitaron grandes pérdidas económicas”, explica Walter Enerklin, entomólogo de la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Alimentación y la Agricultura.

El Ministerio de Agricultura dispone ahora de la capacidad técnica y humana necesaria para afrontar este y otros brotes y compartir las enseñanzas extraídas y sus conocimientos técnicos, señala Frank Lam, representante en la República Dominicana del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. “Ha sido una experiencia costosa y queremos compartirla para que no la sufran otros países. Queremos evitar que otros se enfrenten a ello sin estar preparados”, concluye el Sr. Lam.

## BASE CIENTÍFICA

### Control de natalidad de las moscas

La técnica de los insectos estériles es un método de lucha contra las plagas que se basa en el uso de radiación ionizante para esterilizar moscas macho criadas en masa en instalaciones especiales de reproducción. Periódica y sistemáticamente se sueltan desde el suelo o el aire millones de machos estériles, que después se aparean con hembras silvestres sin que haya descendencia. Esta técnica puede conducir a la supresión o, en algunos casos a la erradicación, de poblaciones de varios tipos de mosca silvestre, como las moscas de la fruta o la

mosca tsetsé. La TIE, que es una de las técnicas de control más respetuosas con el medio ambiente, suele aplicarse como componente final de una campaña integrada de eliminación de poblaciones de insectos.

La División Mixta FAO/OIEA presta apoyo a unos 40 proyectos de este tipo, que por mediación del programa de cooperación técnica del OIEA se llevan adelante en zonas de África, Asia, Europa y América Latina.



# Lesotho está hoy mejor preparado para combatir las enfermedades animales y zoonóticas

Laura Gil

**H**oy, por fin, ya es posible diagnosticar enfermedades animales con rapidez y prontitud en Lesotho, país del meridión africano de dos millones de habitantes que hasta hace poco dependía de laboratorios extranjeros para realizar estos análisis. Desde mediados de 2017, gracias al apoyo del OIEA y de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), científicos veterinarios de la capital, Maseru, emplean técnicas de base nuclear para identificar y caracterizar virus que afectan al ganado y las personas.

“Para mantener las enfermedades bajo control y responder cuanto antes a un posible brote, debemos ser capaces de realizar nuestros propios diagnósticos”, declara Gerard Mahloane, Director de Servicios Pecuarios del Ministerio de Agricultura y Seguridad Alimentaria de Lesotho.

Estas técnicas permiten identificar virus, entre ellos los del Ébola y la gripe aviar, en pocas horas y con gran exactitud. Además, presentan una buena relación eficacia-coste.

“Lo que antes tardábamos semanas en descubrir, ahora lo sabemos inmediatamente”, afirma el Sr. Mahloane. “La diferencia es enorme.”

El diagnóstico precoz ayuda a frenar la propagación de enfermedades, pues permite aislar rápidamente a los animales o pacientes infectados y tratarlos en un plazo más breve. De este modo, autoridades y agricultores pueden responder en poco tiempo a cualquier brote que surja, controlarlo y mantener un nivel de vigilancia que evite nuevos brotes.

Gracias a esas técnicas, científicos del Laboratorio Veterinario Central han podido confirmar que Lesotho está libre de fiebre aftosa, una de las enfermedades más infecciosas que amenazan al ganado.

Los científicos se sirven ahora de equipo donado por el OIEA para determinar si el país también está libre de la peste de pequeños rumiantes, enfermedad animal muy contagiosa que

## La Red VETLAB: creación de capacidad de diagnóstico veterinario en laboratorio en África y Asia

Los veterinarios de África que aplican técnicas de diagnóstico isotópicas, nucleares o de base nuclear para detener la propagación de enfermedades animales transfronterizas, incluidas las que pueden extenderse al ser humano, pueden intercambiar prácticas óptimas, coordinar actividades y elaborar estrategias conjuntas de lucha pasando por la Red de Laboratorios de Diagnóstico Veterinario (Red VETLAB), establecida por el OIEA en colaboración con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y respaldada parcialmente por medio de la Iniciativa sobre los Usos Pacíficos.



**Para los países africanos que hacen frente a la amenaza de brotes de enfermedades animales, el uso de técnicas de base nuclear es esencial para diagnosticar una enfermedad y, a partir de ahí, contenerla y erradicarla.**

(Fotografía: D. Calma/OIEA)

Las enfermedades animales transfronterizas pueden tener consecuencias de peso para la salud pública y los medios de vida de las personas. Además, suponen un importante obstáculo para el comercio internacional de productos de origen animal y pueden causar cuantiosas pérdidas y graves problemas de inocuidad de los alimentos y seguridad alimentaria.

Para poner en práctica estrategias de lucha progresiva que ayuden a contener y a la postre erradicar enfermedades, es indispensable poder detectar y caracterizar con prontitud y rapidez los patógenos infecciosos. Dado que ni las enfermedades ni los animales portadores conocen frontera alguna, se precisan medidas concertadas. Los miembros de la Red VETLAB ponen en común sus experiencias y su saber hacer en materia de diagnóstico y control y promueven medidas de alcance nacional y regional para prevenir enfermedades animales y zoonóticas. La Red recibe apoyo en forma de cursos de capacitación, transferencia de tecnología, intercambio de conocimientos, difusión de pautas y procedimientos operacionales normalizados, servicios de especialistas y suministro de equipo, reactivos y material fungible.

Actualmente, la Red VETLAB presta apoyo a 44 países africanos y 19 asiáticos.



cada año mata a miles de ovejas y cabras. Tras reunir todas las muestras animales necesarias, están analizando parte de ellas en el laboratorio. También tienen previsto comprobar más adelante si el país está libre de la gripe aviar, detectada en la vecina Sudáfrica en 2017.

En el pasado las autoridades de Lesotho enviaban cada año a Sudáfrica y Botswana más de 2000 muestras sanguíneas de ganado y otros animales para hacerlas analizar y determinar si el país estaba libre de las antedichas enfermedades animales. Estos análisis resultan costosos, pero son un requisito ineludible impuesto por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). Hoy, el país solamente recurre a laboratorios extranjeros para las pruebas de confirmación o validación de los resultados.

Para los países africanos que hacen frente a la amenaza de brotes de enfermedades animales, la ayuda prestada por el OIEA, en cooperación con la FAO, ha sido fundamental para equipar los laboratorios y capacitar a los científicos en el uso de estas técnicas y la aplicación de las correspondientes medidas de bioseguridad. Lesotho es el segundo productor mundial de mohair, fibra que se obtiene a partir de las numerosas ovejas y cabras que alberga el país. Velar por el buen estado de salud de estos animales ayuda a agricultores, productores y exportadores a asegurarse unos ingresos estables.

El OIEA, por conducto de su programa de cooperación técnica y en colaboración con la FAO, viene ayudando a Lesotho a combatir las enfermedades infecciosas desde 2009, año de ingreso del país en el Organismo.



**El uso de técnicas de base nuclear ha ayudado a las autoridades a demostrar que Lesotho está libre de fiebre aftosa.**

(Fotografía: D. Calma/OIEA)

## BASE CIENTÍFICA

### Uso de técnicas nucleares para detectar enfermedades animales

Los veterinarios de los Servicios Pecuarios de Lesotho emplean varias técnicas de base nuclear para diagnosticar pronta y rápidamente enfermedades animales y zoonóticas. Así funcionan estas técnicas.

En los ensayos serológicos se utilizan antiinmunoglobulinas específicas de cada especie animal analizada para detectar los anticuerpos que atacan específicamente el patógeno en cuestión.

En los ensayos moleculares, en cuestión de pocas horas los científicos replican o amplifican del orden de mil millones de veces una región concreta de ADN. Acto seguido se determina la eventual presencia de este fragmento de ADN amplificado detectando la señal que emiten radioisótopos o moléculas fluorescentes. La técnica de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) ofrece gran especificidad, ya que en general tiene por diana un marcador específico de un determinado patógeno. El método consiste en calentar y enfriar repetidamente una muestra de ADN, lo que hace que las dos hebras que lo forman acaben separándose y se pueda replicar a continuación el ADN original. Este procedimiento se repite tantas veces como sea necesario hasta obtener un

número suficiente de copias de la molécula que se busca. En ese momento, si el genoma del patógeno está presente, los científicos pueden detectarlo.

#### ¿Por qué se considera que estas técnicas son de base nuclear?

Para visualizar estas reacciones, se marcan las moléculas reactivas (anticuerpos en las técnicas serológicas y fragmentos genéticos en las moleculares) con isótopos radiactivos como  $^{32}\text{P}$ ,  $^{33}\text{P}$ ,  $^{35}\text{S}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ , de modo que sea posible medir la reacción utilizando contadores de radiación o partículas radiactivas. No obstante, cuando no se pueda recurrir a la radiactividad por la configuración del laboratorio o por la brevedad del periodo de semidesintegración de los radioisótopos, o cuando la sensibilidad de la técnica no sea un factor de suma importancia, cabe la posibilidad de sustituir el marcaje radiactivo por sustancias que generan una coloración, como enzimas o tinciones fluorescentes. Los procesos de lectura y cuantificación de estos marcadores son más sencillos, aunque su fiabilidad merma con el tiempo, lo que reduce la sensibilidad de estas técnicas. De ahí que el marcaje nuclear siga empleándose como patrón de referencia para calibrar la exactitud del marcaje visual.

# Costa Rica prepara el terreno para una agricultura climáticamente inteligente

Laura Gil

El Gobierno de Costa Rica está empleando técnicas nucleares para conciliar dos objetivos: llegar a ser un país neutro en carbono y al mismo tiempo seguir siendo el principal productor mundial de piña, cuyo cultivo exige grandes cantidades de fertilizante. Con ayuda del OIEA y de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), expertos costarricenses están estudiando el uso de tecnología nuclear para ayudar a los productores a cultivar esta fruta y otros cultivos de manera más eficiente y ecológica. Con tal objetivo efectúan pruebas para elucidar de qué manera un nuevo tipo de aditivo del suelo puede ayudar a reducir el uso de plaguicidas y fertilizantes y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

“La mayoría de los productores utilizan más fertilizantes y plaguicidas de los que realmente necesita la planta, y buena parte se pierde en la atmósfera en forma de gases de efecto invernadero o contamina ríos y aguas subterráneas”, explica Cristina Chinchilla, agrónoma del Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA) de la Universidad de Costa Rica.

Expertos del CICA trabajan con el OIEA y la FAO en el uso de carbón vegetal (o carbón de biomasa), un material rico en carbono que se obtiene a partir de residuos naturales. En otras partes del mundo se ha demostrado que el carbón vegetal puede mejorar la fertilidad del suelo y a la vez ayudar a reducir los efectos negativos de los productos químicos sobre el medio ambiente.

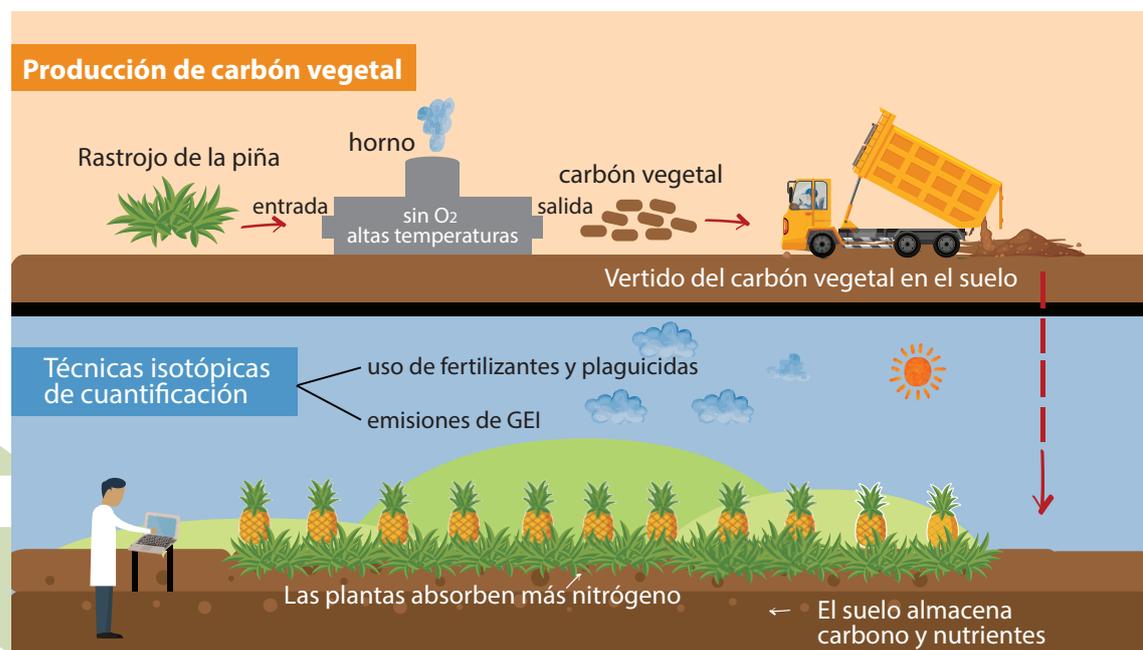
## Piñas y carbón vegetal

Teniendo en cuenta que cada 18 meses, como subproducto de cada cosecha, Costa Rica genera más de 10 millones de toneladas de rastrojo de piña, el equipo del CICA decidió utilizar estos residuos para producir carbón vegetal.

Gracias a un proyecto de cooperación técnica del OIEA, los especialistas del CICA están empleando técnicas de base nuclear para determinar las ventajas que presenta el uso de carbón vegetal. Ante todo trituran el rastrojo de la planta de la piña para producir el carbón vegetal que los agricultores van a utilizar en su suelo. A continuación, aplican a determinadas parcelas plaguicida marcado con un isótopo radiactivo, el carbono 14 ( $^{14}\text{C}$ ), y a partir de ahí siguen el rastro de las moléculas de plaguicida. Con esta técnica también se puede averiguar si el carbón vegetal ayuda al suelo a almacenar más carbono, reduciendo así las emisiones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

Los expertos del CICA también siguen el rastro de fertilizante marcado con un isótopo estable, el nitrógeno 15 ( $^{15}\text{N}$ ), lo que en principio les servirá para averiguar si la planta de la piña puede absorber fertilizante de modo más eficiente al ser cultivada en un suelo rico en carbón vegetal.

Reducir el uso de fertilizantes y plaguicidas tiene sentido desde el punto de vista económico. “El fertilizante y los plaguicidas son caros”, dice Donald González, productor de piña de Pital, en el norte de Costa Rica. “A veces tenemos que elegir: o come la planta o come la familia”.



Motivado por la creciente relevancia de las cuestiones de medio ambiente y por reglamentos de importación cada vez más rigurosos, el Gobierno de Costa Rica ha impuesto a los productores de piña una reglamentación estricta, que prohíbe el uso de determinados productos químicos y promueve prácticas sostenibles.

El equilibrio al que aspiran todas las partes se cifra en poder reducir el uso de fertilizantes y plaguicidas sin que por ello los agricultores dejen de ganarse la vida y de cultivar los productos que el mundo pide.

### Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero

Como parte de sus planes para llegar a ser un país neutro en carbono, Costa Rica está buscando fórmulas que reduzcan sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Con apoyo del OIEA y la FAO, los especialistas emplean ahora técnicas nucleares para medir la cantidad de GEI emitidos desde el suelo, incluidos suelos mezclados con carbón vegetal, y determinar con exactitud el origen de estas emisiones.

“En nuestra evolución hacia una economía basada en el conocimiento, nos esforzamos por dotarnos de una agricultura y una industria sostenibles aplicando la ciencia y la tecnología”, señala Carolina Vásquez Soto, Ministra de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), la agricultura y la transformación de los usos del suelo suponen más del 24 % del total de emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, porcentaje que además va en aumento.

“Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la agricultura es fundamental para combatir el cambio climático,” dice Ana Gabriela



**Donald González, productor de piñas, en su campo de Pital, en el norte de Costa Rica, donde los científicos experimentarán con carbón vegetal.**

(Fotografía: L. Gil/OIEA)

Pérez, coordinadora del Laboratorio de Gases Efecto Invernadero y Captura de Carbono de la Universidad de Costa Rica, que el OIEA equipó en 2014.

Las técnicas isotópicas pueden aportar información esencial sobre las fuentes y cantidades de gases de efecto invernadero de origen agrícola, señala Mohammad Zaman, edafólogo de la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Alimentación y la Agricultura. “Con esta información los planificadores de políticas saben lo bastante como para decidir con conocimiento de causa sobre las políticas en materia de carbono”.

## BASE CIENTÍFICA

### El secuestro de carbono en el suelo

El suelo es una mezcla de minerales, materia orgánica, gases y agua. El carbono es uno de sus principales ingredientes y un elemento básico para su salud, pero en estado gaseoso toma la forma de CO<sub>2</sub>, que es un gas de efecto invernadero (GEI). Las plantas capturan carbono del aire en forma de CO<sub>2</sub> y lo transforman en materia orgánica, lo que acrece la productividad del suelo y su resiliencia frente a condiciones climáticas adversas.

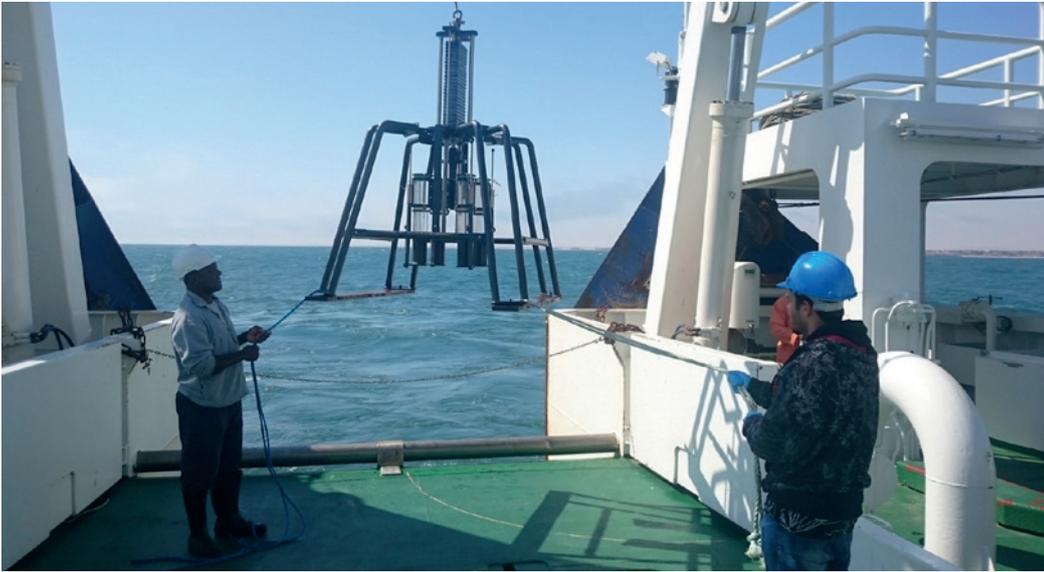
El hecho de que el suelo capture y almacene dióxido de carbono atmosférico, proceso también denominado “secuestro de carbono”, puede contrarrestar el aumento de los GEI. El análisis de la presencia del isótopo carbono 14 permite a los investigadores evaluar la

calidad del suelo y determinar la procedencia del carbono secuestrado en él. Cuantificando el secuestro de carbono pueden saber si el carbón vegetal mejora la fertilidad del suelo y contribuye a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Análogamente, aplicando fertilizantes en determinadas parcelas marcadas con nitrógeno 15 (<sup>15</sup>N), que es un isótopo estable, los científicos pueden determinar la cantidad de nitrógeno que las plantas realmente absorben y la que se pierde, ya sea en la atmósfera (liberado como GEI), en la superficie o en las aguas subterráneas, y saber así cuán eficazmente los cultivos absorben el fertilizante. Esta información ayuda a optimizar el uso de fertilizantes en las explotaciones agrícolas.

# Namibia recibe apoyo del OIEA para estudiar el ecosistema marino que sostiene las principales pesquerías

Lucas Small y Miklos Gaspar



**Los investigadores extraen columnas de sedimentos frente a la costa de Namibia.**

(Fotografía: D.C. Louw/Ministerio de Pesca y Recursos Marinos de Namibia)

El primer estudio exhaustivo de la historia sobre la concentración de radionucleidos y oligoelementos en las aguas litorales de Namibia reveló que, si bien los niveles de radionucleidos son muy bajos, existen indicios de una concentración superior a la normal de ciertos oligoelementos. Según un informe científico presentado por el OIEA al Gobierno de Namibia a finales de 2017, basado en investigaciones realizadas a petición del propio Gobierno, se requieren nuevos estudios para determinar si esas concentraciones son producto de la actividad humana en la costa o se deben a la geología subyacente.

“El informe del OIEA proporciona una excelente información sobre la situación actual y puede servir de base para futuras actividades de vigilancia”, afirma Axel Tibinyane, Director de la Autoridad Nacional de Protección Radiológica de Namibia. “Dado que los recursos marinos contribuyen en gran medida al desarrollo de nuestro país, es imperativo que sean utilizados de manera sostenible. El informe nos ayudará a lograrlo”.

Tras esta investigación preliminar, el OIEA seguirá prestando apoyo al Gobierno para entender mejor la presencia de elevados niveles de esos oligoelementos.

Además del crecimiento demográfico del país, la extracción de uranio, oro y diamantes, así como la actividad industrial, van en aumento, y existe un creciente interés por la extracción de fosfatos del lecho marino. Namibia se encuentra entre los cinco principales productores de uranio del mundo. Para evaluar los posibles efectos sobre el medio ambiente de esta

intensificación de la actividad humana hay que disponer de una referencia que defina cuál es la situación de partida, ya que algunas de esas actividades podrían inducir mayores niveles de radionucleidos y oligoelementos. Los datos del informe pueden servir como base de referencia en este sentido.

“Este proyecto, que es el primero en su género, ha aportado nueva información sobre la plataforma continental de Namibia”, explica Deon Louw, el científico marino encargado del estudio en el Ministerio de Pesca y Recursos Marinos de Namibia. “Ahora que la actividad humana no deja de intensificarse, necesitamos estos datos para seguir la evolución de nuestro ecosistema marino y protegerlo”.

El aumento de las actividades en el litoral hace necesario disponer de nuevas normas para seguir de cerca y gestionar los niveles de oligoelementos y radionucleidos, de origen natural o humano (antropogénicos), que podrían contaminar el ecosistema marino y afectar a los alimentos extraídos del mar, las poblaciones locales y la economía.

Las aguas costeras namibias, que albergan una rica diversidad biológica, se extienden a lo largo de más de 1500 kilómetros de la turbulenta corriente de Benguela que recorre el Atlántico meridional. Gran parte de la costa es un área marina protegida, que se considera no contaminada y forma parte del gran ecosistema marino del norte de Benguela, uno de los ecosistemas litorales más productivos del mundo, sostén de una importante industria de pesca y maricultura. Se trata de un medio muy dinámico: los fuertes vientos, las furiosas

corrientes y las erupciones sulfurosas submarinas dan cobijo a exuberantes poblaciones de peces, plancton y otras formas de vida marina, incluidas las bacterias más grandes del mundo, visibles a simple vista.

Pese a toda esta actividad, poco se sabía hasta ahora de los niveles de radiactividad y oligoelementos presentes en las aguas marinas de Namibia.

## El estudio

A petición del Ministerio de Pesca y Recursos Marinos, en 2014 el OIEA empezó a recoger frente a la costa muestras marinas de muy diversa índole, hasta reunir más de 500 muestras, en particular de sedimentos, agua marina, peces, mejillones y algas, que fueron objeto de miles de mediciones. Participaron en el proyecto de investigación más de 40 investigadores de 11 instituciones de seis países.

Además de proporcionar mediciones de referencia para las labores de reglamentación y vigilancia continua de la contaminación, los radionucleidos y los isótopos de oligoelementos pueden servir de trazadores para comprender mejor los procesos oceanográficos y de contaminación (véase el recuadro “Base científica”). El estudio de los isótopos de plomo, por ejemplo, puede ayudar a saber si este metal está presente de forma natural o como resultado de la actividad humana. La firma isotópica del plomo también puede dar información sobre la procedencia de los contaminantes.

“Esta investigación no solo es útil para Namibia, sino que también seguirá alimentando el acervo científico internacional porque mejorará el conocimiento de los modelos mundiales



### La costa namibia alberga especies protegidas como estos pingüinos africanos de Mercury Island.

(Fotografía: D.C. Louw/Ministerio de Pesca y Recursos Marinos de Namibia)

de contaminación marina”, afirma Martina Rožmarić, investigadora de los Laboratorios del OIEA para el Medio Ambiente. “Al estudiar la presencia frente a las costas de Namibia de radionucleidos (de origen natural o antrópico) y oligoelementos como plomo, mercurio, cobre y cadmio, estamos colmando una laguna muy importante en nuestro conocimiento del mundo”.

## BASE CIENTÍFICA

### Estudio de los océanos mediante isótopos

Aunque no es tarea fácil, medir la concentración de radionucleidos (naturales y antrópicos), oligoelementos y tierras raras y seguir su rastro hasta determinar su procedencia es fundamental para entender el estado del medio marino.

Hay varios radionucleidos antrópicos que pueden ser detectados a niveles ínfimos. Algunos, como el yodo 129 (I 129) o el uranio 236 (U 236), pueden servir de radiotrazadores para estudiar procesos oceanográficos como la circulación de las masas de agua o contaminantes presentes en los océanos y disponer así de modelos más exactos de dispersión marina. Al igual que se observa un colorante en una masa de agua para conocer sus desplazamientos, los investigadores pueden seguir el

rastro de estos radionucleidos, que presentan una firma única, para estudiar diferentes corrientes y saber a qué velocidad van de una parte del mundo a otra.

Estos isótopos se desintegran lentamente, lo que hace de ellos un trazador fiable de procesos naturales como la circulación o la mezcla de masas de agua. Pero las concentraciones de U 236 en los océanos son ínfimas y solo pueden medirse con técnicas muy sensibles de espectrometría de masas con aceleradores, que permiten determinar el cociente entre el U 236 y el U 238, un isótopo natural más abundante. Para el proyecto de Namibia estas mediciones se llevaron a cabo en un centro colaborador del OIEA, el Centro Nacional de Aceleradores de Sevilla (España).

# Cómo ganar la batalla contra la erosión del suelo: conservación de tierras fértiles y preservación de la calidad del agua con ayuda de técnicas nucleares

Nicole Jawerth y Miklos Gaspar

La erosión reduce la superficie de tierras fértiles, cosa que amenaza tanto la producción de alimentos como los ingresos de los agricultores. La capa superior del suelo, que es la primera en desgajarse, también es la que contiene más nutrientes. Con frecuencia esta capa de suelo nutritivo termina en ríos y lagos, donde alimenta el crecimiento de algas, lo que reduce los niveles de oxígeno en el agua. Ello, a su vez, pone en peligro la calidad del agua y perjudica a las poblaciones de peces.

Las técnicas nucleares pueden ayudar a científicos y agricultores a encontrar los lugares que sufren mayor erosión y determinar las técnicas de conservación del suelo adecuadas para preservar las tierras de labranza y las fuentes de agua dulce (véase el recuadro “Base científica” en la página 17). El OIEA, en colaboración con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), presta apoyo a 70 países en investigaciones sobre la erosión. En este artículo se presentan dos experiencias: una en Marruecos, centrada en la salvación de tierras agrícolas; y otra en Myanmar, donde se combate una floración de algas en el segundo lago más grande del país.

## Conservación de tierras de labranza en Marruecos

El agricultor El Haj Abdeslam y sus tres empleados llevaban años luchando contra la erosión que barría el fértil suelo en que se asientan sus cultivos, llevándose también consigo sus ingresos.

“Año tras año, la erosión del suelo empobrecía mis tierras y mermaba con ello la productividad de mi granja”, explica el Sr. Abdeslam, cuyas 5 hectáreas de explotación garbancera y cerealera son su única fuente de ingresos y sustento de los siete miembros de su familia. “Desde que los científicos me ayudaron a conservar el suelo, mi granja produce entre un 20 y un 30 % más con menos aportaciones, y mis ingresos han aumentado”.

Los científicos emplean técnicas de cuantificación de radionucleidos procedentes de precipitación radiactiva y de isótopos estables por compuesto (véase el recuadro “Base científica” en la página 17) para descubrir las áreas más propensas a la erosión y evaluar la eficacia de diversos métodos de conservación. La técnica fue introducida como respuesta a la pérdida anual de más de 100 millones de toneladas de suelo en Marruecos.

“Una vez localizadas las zonas más vulnerables a la erosión, procedimos a ensayar varios métodos de conservación del suelo con uso de técnicas nucleares para saber cómo mejorar la situación. Adaptamos y combinamos diferentes métodos que se vienen utilizando en todo el mundo para determinar cuál funcionaba mejor en las condiciones ambientales y

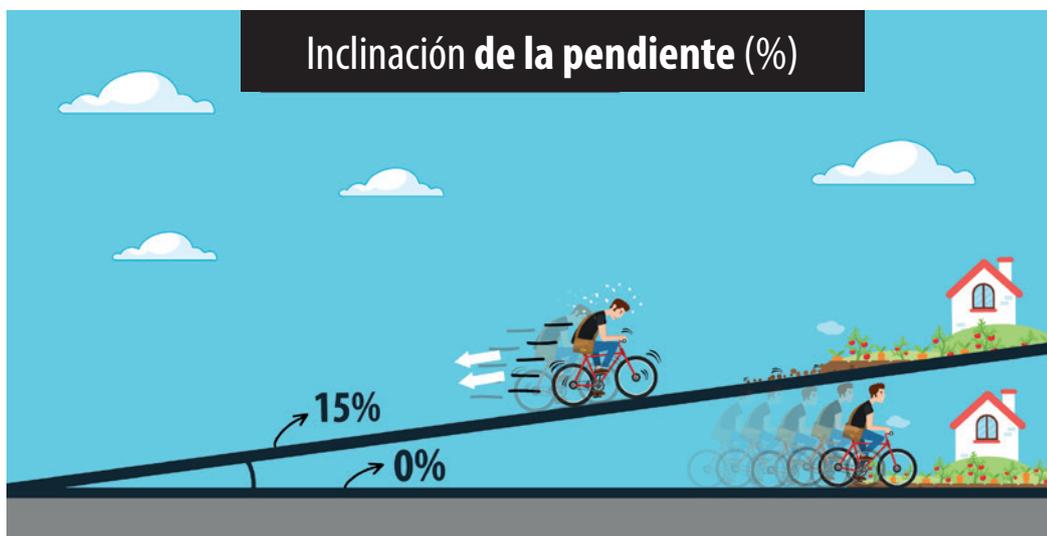


**El hijo del agricultor El Haj Abdeslam conduce un tractor para ayudar en las labores agrícolas mientras los científicos toman muestras del suelo de los campos.**

(Fotografía: R. Moussadek/INRA)

agrícolas de Marruecos”, explica Moncef Benmansour, Jefe de la División de Agua, Suelo y Clima del Centro Nacional de Energía, Ciencias y Tecnologías Nucleares (CNESTEN).

Más del 40 % de la superficie total de tierras de Marruecos sufre erosión del suelo a consecuencia de la deforestación, el pastoreo excesivo y el uso de técnicas de cultivo deficientes. El problema se ve agravado por condiciones climáticas adversas como largos periodos de sequía y breves intervalos de lluvias intensas. El abrupto relieve esculpido en el paisaje



**En una pendiente con un 15 % de inclinación, el suelo debe soportar una fuerza de gravedad mucho mayor.**

(Gráfico: F. Nassif/OIEA)

del país no hace más que empeorar la situación para las tierras y los agricultores.

La explotación del Sr. Abdeslam, por ejemplo, se encuentra en una pendiente con una inclinación del 10-15 %, lo que hace que las precipitaciones arrastren más fácilmente el suelo, en especial la capa fértil superior (véase la infografía).

El nuevo método de conservación combina el cultivo de cereales sin laboreo y la plantación de árboles frutales e hileras de arbustos. El cultivo sin laboreo, o por siembra directa, ayuda a mantener el suelo intacto, en lugar de cavarlo o removerlo como se hace al usar el arado. Las raíces y residuos

como los tallos y hojas de las plantas seleccionadas mejoran la estructura del suelo y su estado general de salud, lo cual ayuda a mantenerlo en su lugar en esas escarpadas colinas.

“En la región de Tánger-Tetuán y en la de Casablanca-Setta hemos reducido la pérdida de suelo en un 40 % y un 60 % respectivamente”, señala el Sr. Benmansour. “El Ministerio de Agricultura y el Alto Comisionado para el Agua, los Bosques y la Lucha contra la Desertificación están utilizando los resultados y métodos del proyecto para extender este sistema de conservación del suelo a un mayor número de agricultores de todo el país”.



**Los científicos toman muestras de suelo como parte del estudio de los lugares más vulnerables a la erosión con empleo de técnicas nucleares.**

(Fotografía: INRA)

## Preservación del lago Inle en Myanmar



**La calidad del agua del hermoso lago Inle, sito en la región central de Myanmar, está en peligro debido a la erosión de las laderas vecinas.**

(Fotografía: M. Gaspar/OIEA)

El suministro de agua potable y los medios de vida de decenas de miles de personas dependen del lago Inle, situado en la región central de Myanmar, pero la erosión de las laderas vecinas provoca la acumulación de tierra en el lago, lo que pone en peligro la calidad del agua y el frágil ecosistema lacustre. Gracias a un estudio en el que se emplearon técnicas nucleares se pudieron localizar con exactitud los puntos de origen del suelo erosionado en la cuenca del río Kalaw que alimenta el lago, objeto de una intensa deforestación en los

últimos decenios. El estudio sirvió a los técnicos forestales locales para centrar sus esfuerzos de conservación en las áreas más vulnerables a la erosión.

Los métodos de conservación y el empleo de los nuevos datos para sensibilizar a la población local sobre las consecuencias de la tala ilegal y del creciente uso del lago como jardín de vegetales flotantes ayudarán a salvar el Inle, afirma U Sein Tun, guarda forestal del Departamento de Bosques de Nyaungshwe, la más grande de las ciudades que bordean el lago.

La investigación sobre la erosión, concluida en 2017, corrió a cargo del Instituto de Investigaciones Forestales de Myanmar con apoyo del OIEA, en colaboración con la FAO. El proyecto fue financiado en parte a través de la Iniciativa sobre los Usos Pacíficos.

En el estudio se utilizaron dos técnicas nucleares para caracterizar la acumulación y el movimiento de los suelos y determinar tanto su origen como las áreas donde el suelo es más propenso a degradarse (véase el recuadro “Base científica”). Los resultados pusieron de relieve que, en la cuenca del río Kalaw, cada hectárea de tierra que perdió su cubierta forestal 15 años atrás también ha perdido desde entonces 26 toneladas de suelo al año, explica Cho Cho Win, la investigadora que dirigió el estudio. En el caso de las tierras deforestadas y cultivadas 40 años atrás, la cantidad de suelo perdido anualmente es de 40 toneladas por hectárea. “En



**Zona erosionada en la cuenca del río Kalaw. Buena parte del suelo faltante en las laderas acabó depositado en el lago Inle.**

(Fotografía: M. Gaspar/OIEA)

cambio, en áreas comparables donde la cubierta forestal se mantuvo intacta, no ha habido erosión en absoluto”, afirma.

Se observaron importantes pérdidas de suelo en las laderas más elevadas y acumulación de suelo en las zonas más bajas, cercanas al lago. Ello indica que el río sigue descargando cantidades importantes de sedimentos en el lago, dice la Sra. Cho Win.

Revertir la degradación ambiental del lago Inle causada por la erosión del suelo es un objetivo central no solo del servicio local de bosques, sino también del gobierno regional del Estado de Shan, manifiesta Sein Tun. El Primer Ministro del gobierno regional de Shan, Linn Htut, ha aceptado dirigir la comisión que tiene encomendada la mejora de las condiciones del lago. “La investigación de Cho Cho Win es una contribución importante a nuestra labor”, asegura el Sr. Tun.

Estas medidas también ayudarán a proteger el singular y diverso hábitat lacustre, cuyo valor fue reconocido a escala internacional en 2015, cuando la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) declaró el lago “reserva de biosfera”. “Ello nos impone aún más responsabilidades: el lago no solo es patrimonio nuestro, sino también patrimonio de la humanidad”, declara el Sr. Tun.



**Cho Cho Win, investigadora de los procesos de erosión, observa las zonas erosionadas en torno al lago Inle junto a un técnico forestal local.** (Fotografía: M. Gaspar/OIEA)

## BASE CIENTÍFICA

### Técnicas de radionucleidos procedentes de precipitación radiactiva y de isótopos estables por compuesto

Los radionucleidos procedentes de precipitación radiactiva son aquellos que, estando presentes en la atmósfera, son arrastrados por la lluvia y depositados en la capa superficial del suelo.

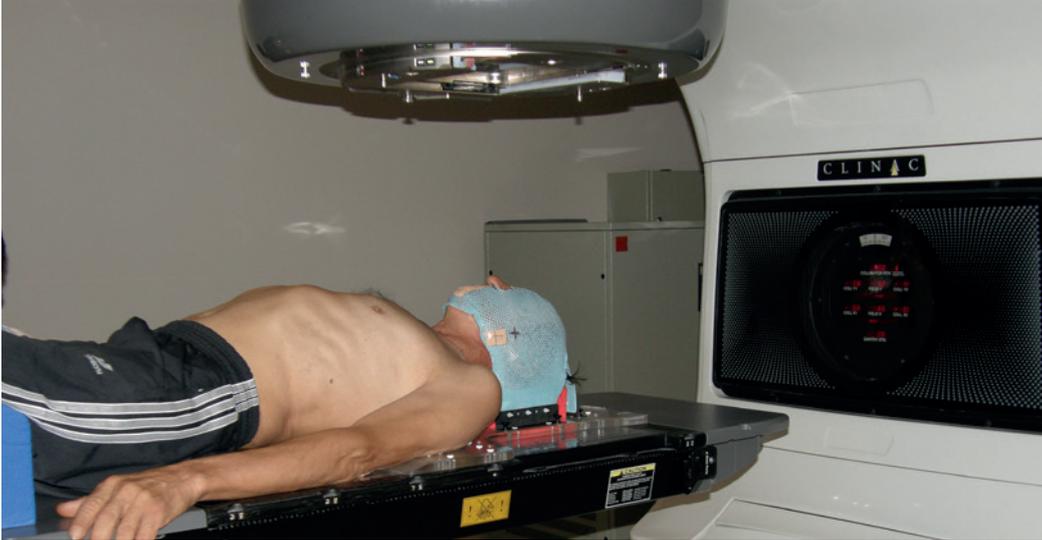
Estos radionucleidos se unen a las partículas del suelo, concentrándose principalmente en la capa superior. Dado que están fuertemente fijados a esas partículas, no son absorbidos por las plantas. Durante los procesos de erosión y deposición, se desplazan adheridos a las partículas del suelo, por lo que pueden servir para rastrear la redistribución del suelo en zonas muy extensas y durante largos periodos de tiempo. Al erosionarse la capa superior, la concentración de estos radionucleidos procedentes de precipitación radiactiva disminuye, proceso que los científicos pueden seguir y cuantificar por espectrometría de rayos gamma. El análisis de estas concentraciones ayuda a detectar cambios en los patrones e índices de redistribución del suelo en grandes áreas de captación de aguas. Además, también sirve para evaluar la eficacia de las medidas de conservación del suelo destinadas a controlar la erosión. Los tres radionucleidos generalmente utilizados para estudiar la erosión del suelo son el

cesio 137, el plomo 210 y el berilio 7, de los que el más común es el cesio 137.

En la técnica de isótopos estables por compuesto se cuantifican isótopos estables, como el carbono 13, que están presentes en determinados compuestos orgánicos fijados al suelo, como los ácidos grasos. Estos ácidos grasos provienen de raíces de plantas, desechos animales y otros restos presentes en los ecosistemas naturales, que se descomponen y pasan a formar parte de la materia orgánica del suelo. Cada uno de estos compuestos posee una firma propia de isótopos estables, análoga a una huella dactilar. Dado que la composición en carbono 13 es única en cada compuesto, el análisis de este isótopo revela el origen del suelo erosionado. Al establecer un vínculo entre la huella de carbono 13 de determinados usos del suelo y los sedimentos presentes en las zonas de deposición, esta técnica ayuda a determinar el origen del suelo erosionado y las zonas propensas a la degradación, lo que sirve a las autoridades para privilegiar la conservación del suelo allí donde este sea más vulnerable a la erosión.

# Mejora de los servicios de radioterapia en Moldova

Aabha Dixit



**Un paciente con cáncer de cabeza y cuello recibe radioterapia en un acelerador lineal del Instituto de Oncología de Moldova.**

(Fotografía: Instituto de Oncología de Moldova)

Moldova, con apoyo del OIEA, hace frente a más de 11 000 nuevos casos de cáncer al año, con frecuencia diagnosticados en un estadio tumoral avanzado, cuando las posibilidades de curación son menores. Ahora casi la mitad de esos pacientes se someten a radioterapia en las nuevas instalaciones del Instituto de Oncología y del Hospital Clínico de la República, que se encuentra en Chisinau, la capital del país.

“En el Programa Nacional de Control del Cáncer para 2016-2025 se fija el objetivo de reducir la mortalidad por cáncer en un 7 %”, explica Rodica Mindruta-Stratan, cirujana principal de oncología del Instituto de Oncología y responsable del Programa Nacional de Control del Cáncer del Ministerio de Salud del país. “A pesar de las recientes mejoras en el diagnóstico precoz, los tumores aún provocaron más de 6000 muertes en 2016, lo que hace de ellos la segunda causa más importante de mortalidad”.

El Programa Nacional de Control del Cáncer tiene por objetivo mejorar el acceso a los servicios de diagnóstico precoz, detección, prevención y tratamiento del cáncer. “El objetivo del Gobierno para 2025 es incrementar en un 25 % el número de casos de cáncer diagnosticados en los estadios I y II y asegurar el acceso de al menos un 80 % de los pacientes de oncología a servicios de diagnóstico, tratamiento y atención continua de calidad”, señala la Sra. Mindruta-Stratan.

Desde mediados de los años 2000 el OIEA viene colaborando estrechamente con las autoridades moldovas para mejorar los servicios de radioterapia y medicina nuclear. El país hace frente a enormes dificultades en el sector de la atención sanitaria, lo que incluye el diagnóstico y tratamiento del cáncer, señala Ludmila Wiszczor, la oficial de administración de programas del OIEA que trabaja con Moldova.

## Extensión de los servicios de radioterapia

En los últimos 15 años el OIEA ha venido ayudando a Moldova a dotarse de la capacidad necesaria para implantar nuevas tecnologías y mejorar la garantía de calidad en medicina nuclear, radiología de diagnóstico y radioterapia. El Gobierno del país señaló como prioritario el apoyo destinado a modernizar las unidades de medicina nuclear del Instituto de Oncología y del Hospital Clínico de la República, explica la Sra. Wiszczor. La situación era crítica, pues la falta de fondos para la renovación y mejora de las instalaciones llevó a ambos hospitales a cerrar las unidades de diagnóstico de medicina nuclear, que eran obsoletas y no funcionaban. El apoyo del OIEA permitió reabrirlos.

La estrecha colaboración con el OIEA hizo posible instalar una máquina de tomografía computarizada (TC) en el Hospital Clínico de la República, que sirve a los radiólogos para diagnosticar más fácilmente el cáncer y otras enfermedades graves. Para este año está prevista la instalación de una segunda máquina en el Instituto de Oncología.

En la TC se emplea un equipo especial de rayos X para obtener imágenes del cuerpo tomadas desde distintos ángulos. Esta información es tratada después por ordenador para generar una sección transversal de los tejidos y órganos del cuerpo.

El apoyo del OIEA también sirvió para poder instalar en el Instituto de Oncología el primer equipo moderno de radioterapia, un acelerador lineal que ha mejorado la calidad de los servicios de radioterapia del país y el acceso a ellos, explica la Sra. Mindruta-Stratan.

El OIEA ayudó en 2011 a instalar en el Instituto de Oncología una máquina de tomografía computarizada por emisión de



fotón único (SPECT), lo que mejoró el acceso de los pacientes a modernas técnicas de estudio y diagnóstico nuclear. En 2013, por otra parte, la implantación de un equipo de SPECT/TC en el Hospital Clínico de la República llevó a la reapertura de la unidad de medicina nuclear, que permite efectuar exámenes más precisos y sofisticados de varios tipos de cáncer.

La modernización de las unidades de radioterapia salva vidas. Según los informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en los seis años que van de 2010 a 2016 se registró una caída drástica (del 70 % al 55 %) del número de pacientes a los que se diagnosticó un cáncer en estadio III o IV (cuando las probabilidades de recuperación son menores), hecho que hay que agradecer en parte a los nuevos equipos y a la capacitación que ha aportado el OIEA, señala la Sra. Mindruta-Stratan.

### Capacitación y perfeccionamiento

La dificultad de los profesionales sanitarios moldovos que trabajan en medicina nuclear y radioterapia para acceder a cursos de capacitación y enseñanza se tradujo en enormes deficiencias médicas en el área de la atención oncológica.

“La colaboración con el OIEA para impartir capacitación y perfeccionamiento específicos nos ha ayudado a disponer de un plantel de profesionales formados, como radioncólogos, físicos médicos y técnicos de radioterapia, con los que satisfacer nuestras necesidades de atención sanitaria”, explica la Sra. Mindruta-Stratan.

Con su continua adhesión a las actividades de cooperación técnica del OIEA, el país trata de asegurarse de que su personal reciba la capacitación adecuada para hacer un uso idóneo de los nuevos equipos de última generación. La participación del personal médico en programas de becas y visitas científicas para adquirir capacidad y ponerse al día en técnicas de diagnóstico de medicina radiológica reviste una importancia capital para el programa nacional de atención oncológica, añade.

La asociación con el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC), organismo especializado de la OMS, también ha sido clave para responder a las dificultades del control del cáncer en Moldova. Un logro importante ha sido la creación en el Instituto de Oncología, con apoyo del OIEA, la OMS y el CIIC, de un registro oncológico en línea que sirve para guardar constancia de las dosis recibidas por los pacientes durante su tratamiento en el Instituto.

El Ministerio de Salud, Trabajo y Protección Social organiza campañas de lucha contra el cáncer para sensibilizar a la población con respecto a la enfermedad, sobre todo en cuanto a la importante función de la radioterapia para combatirla. En estas campañas también se promueven modos de vida saludables y se ofrecen reconocimientos médicos gratuitos.

Para mejorar la calidad de los servicios de salud relacionados con el control del cáncer es fundamental mejorar las condiciones de trabajo y aplicar nuevas tecnologías atendiendo a la relación que ofrezcan entre costo y eficacia, además de ejercer una mayor vigilancia de los factores de riesgo para la salud, concluye la Sra. Mindruta-Stratan.

## BASE CIENTÍFICA

### Radioterapia

En la radioterapia, que es una de las principales modalidades de tratamiento del cáncer, se emplea radiación ionizante para destruir las células cancerosas y contener el crecimiento celular. Su aplicación corre a cargo de un equipo de especialistas con muchos años de experiencia en radioncología, física médica y técnicas de radioterapia.

Este tipo de tratamiento se puede administrar por vía externa o interna. En la radioterapia externa, los haces de radiación provienen de una fuente externa al paciente y van dirigidos a

la zona que se ha de tratar. Lo más habitual es generar estos haces con un acelerador lineal o una bomba de cobalto.

Los aceleradores lineales y las bombas de cobalto 60 (Co 60) son dos de los aparatos empleados con más frecuencia en radioterapia externa, un procedimiento que consiste en destruir las células tumorales mediante haces de alta energía. Las bombas de Co 60 y los aceleradores lineales se vienen utilizando para tratar el cáncer desde el decenio de 1950.

# Tras una catástrofe natural, la tecnología nuclear ayuda en la recuperación

Laura Gil



**Tras el terremoto, un enfermero se sirve de un nuevo equipo portátil de rayos X en un centro médico de Quito (Ecuador).**

(Fotografía: M. Melo)

Tras los devastadores desastres naturales que en los últimos años asolaron el Ecuador, Nepal, el Perú y, apenas el año pasado, el Caribe y México, el OIEA reaccionó con presteza para facilitar asistencia médica y otras formas de ayuda basada en el uso de la tecnología nuclear con el fin de ayudar a esos países a mantener sus servicios esenciales tras la catástrofe. El apoyo del Organismo, concretado por ejemplo en unidades móviles de rayos X, estuches de detección del virus del Zika y ensayos no destructivos (END) para el análisis de infraestructuras, ayudó a esos países en su camino hacia la recuperación.

“Cuando sufres un terremoto, toda tu infraestructura básica y estratégica se ve afectada: la electricidad, el agua, los servicios médicos...”, explica Rodrigo Salas Ponce, Subsecretario de Control, Investigación y Aplicaciones Nucleares del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador. “La respuesta del OIEA a nuestro llamamiento llegó en ese momento crítico, cuando más lo necesitábamos”.

En abril de 2016, un terremoto de magnitud 7,8 sacudió la costa pacífica del Ecuador, derribando edificios, dejando muchas carreteras intransitables y causando inundaciones y aludes de lodo. Más de 600 personas perdieron la vida y más de 28 000 tuvieron que ser hospitalizadas. Además de otras infraestructuras públicas dañadas por el terremoto, dejaron de funcionar alrededor de diez hospitales y un centenar de dispensarios, cuya función es básica en la respuesta a situaciones de emergencia.

Respondiendo a la petición de ayuda de emergencia formulada por el Gobierno, el OIEA envió inmediatamente equipos de rayos X a las áreas afectadas. Por medio de su programa de cooperación técnica, y con apoyo de la Iniciativa sobre los Usos Pacíficos, el OIEA proporcionó sistemas de rayos X digitales móviles, acompañados de los correspondientes grupos electrógenos y detectores personales. Gracias a las unidades portátiles de rayos X, el personal médico pudo establecer el diagnóstico de alrededor de 10 000 pacientes.

“A menudo las medidas básicas de atención sanitaria requieren un diagnóstico por imagen de rayos X, sobre todo tras un accidente”, explica Enrique Estrada, médico especialista en medicina nuclear del OIEA. “Y lo idóneo es que los médicos cuenten con unidades portátiles de rayos X, porque ello les permite ir a lugares remotos, incluso hasta la cama del paciente, para ver qué pasa dentro de su cuerpo. Esto es crucial en situaciones como un terremoto, cuando muchos sufren traumatismos que les impiden desplazarse”.

El OIEA también envió detectores del virus del Zika en respuesta a un pequeño brote de mosquitos *Aedes aegypti* (el vector que transmite el virus) aparecido a consecuencia del terremoto en Guayaquil, en la costa sudoccidental del país. “Cuando los conductos de agua o las redes de alcantarillado sufren desperfectos, los mosquitos que viven allí escapan y por lo tanto hay mayor riesgo de enfermedad”, asevera el Sr. Estrada.



Con el equipo donado, que se basa en tecnología de base nuclear, el personal médico detectó más de 200 casos de enfermedad por el virus del Zika, más de 60 casos de dengue y casi 15 de chikungunya, todos ellos causados por virus que transmite dicho mosquito.

### **Asistencia al Perú y el Caribe**

El mismo tipo de asistencia se prestó al Perú, cuya zona septentrional se vio en gran parte afectada por inundaciones y deslizamientos de tierras debido a un aumento del nivel del mar en 2017. Se registraron hasta 22 muertes, así como un aumento de los virus transmitidos por el mosquito *Aedes aegypti*, en especial el virus causante del dengue.

Del mismo modo, el OIEA está facilitando a Dominica, Antigua y Barbuda y Barbados unidades portátiles de rayos X para que puedan cubrir sus necesidades médicas básicas después de que los hospitales de estas islas quedaran destruidos al paso de los huracanes Irma y María, en septiembre de 2017.

“Estamos ayudando con cuanto tiene que ver con nuestra especialidad: el diagnóstico básico con técnicas de imagenología nuclear”, explica el Sr. Estrada.

### **Localización de grietas ínfimas con ensayos no destructivos para evaluar infraestructuras**

Después de un terremoto, la menor grieta dentro de un edificio puede entrañar peligro. También puede revelar a un experto si el edificio es seguro para vivir, puede repararse o debe ser demolido. Para encontrar este tipo de grietas los expertos utilizan ensayos no destructivos.

Estas técnicas de inspección son extremadamente prácticas para evaluar la integridad de edificios, puentes y otras estructuras autoportantes. No son invasivas, lo que significa que permiten ver literalmente a través de los materiales sin alterarlos y detectar así grietas, objetos enterrados o fugas. Los métodos utilizados se basan en la aplicación de técnicas nucleares como la radiografía con rayos X, la inspección visual o pruebas ultrasónicas y magnéticas.

“Estas técnicas aportan a los profesionales información esencial para evaluar la seguridad estructural de un edificio y a partir de ahí iniciar, de ser necesario, las labores de reparación”, dice Sebastián Lápida, ingeniero civil del OIEA. El Sr. Lápida y sus colegas viajaron a México después del terremoto de septiembre de 2017, que hundió cientos de edificios y costó la vida a unas 300 personas. Una vez allí impartieron capacitación a los expertos del país y los ayudaron a evaluar la integridad de los edificios más importantes.

El uso de ensayos no destructivos también ayudó a las autoridades ecuatorianas a evaluar la seguridad de los edificios más dañados del país tras el terremoto de 2016. Actualmente los expertos están construyendo el primer centro regional de ensayos no destructivos en Quito, la capital, desde el cual se ofrecerán conocimientos especializados a toda América Latina.

La primera vez que el OIEA ofreció ensayos no destructivos para ayudar a un país a recuperarse de una catástrofe natural fue en abril de 2015, cuando prestó apoyo a las autoridades nepalesas tras el terremoto de 7,8 grados de magnitud que sacudió el país, dejando un saldo de casi 9000 muertos y cerca de 20 000 heridos. Quinientos edificios se derrumbaron y casi 300 000 sufrieron daños parciales.

Inmediatamente después del terremoto, un equipo de expertos dirigido por el OIEA acudió al montañoso país para ayudar al personal local a evaluar el estado de infraestructuras básicas como hospitales y puentes empleando ensayos no destructivos. Los expertos locales utilizaron los resultados para tomar decisiones esenciales: qué edificios derribar y cuáles reparar.

“Aunque las infraestructuras civiles públicas más importantes permanecieron en pie tras el terremoto, sin los ensayos no destructivos no habríamos podido saber si había fallas ocultas que pudiesen entrañar riesgo”, explica Mani Ram Gelal, Director General Adjunto del Departamento de Urbanismo y Construcción de Edificios del Ministerio de Ordenación Urbana. “Para un país como el nuestro, ubicado entre dos placas tectónicas, en todo momento hay un gran riesgo de terremoto, sin olvidar que también estamos muy expuestos a otras catástrofes naturales”.

Además de proporcionar equipo de atención sanitaria y ensayos no destructivos para evaluar infraestructuras básicas, el OIEA ha ayudado a fortalecer la capacidad de las regiones de América Latina y Asia para responder a una catástrofe natural.

En 2017 el OIEA, a través de un proyecto financiado como parte de la Iniciativa sobre los Usos Pacíficos, organizó en el Japón cursos de formación para dotar a los Estados Miembros de Asia de mayor capacidad en materia de ensayos no destructivos. Un proyecto similar está en marcha en América Latina.

# En marcha la implantación de energía nucleoelectrica en Bangladesh, con apoyo del OIEA

Matt Fisher



**El 30 de noviembre de 2017 dio comienzo la construcción de la primera central nuclear de Bangladesh.**

(Fotografía: Arkady Sukhonin/Rosatom)

El comienzo de la construcción del primer reactor nuclear de potencia de Bangladesh, el 30 de noviembre de 2017, supuso un hito importante en el proceso, iniciado un decenio antes, de hacer llegar los beneficios de la energía nuclear al octavo país más poblado del mundo. El OIEA ha venido apoyando a Bangladesh en su camino para llegar a ser el tercer país en incorporarse a la energía nuclear en 30 años, después de los Emiratos Árabes Unidos (en 2012) y Belarús (en 2013).

Con la voluntad de llegar a ser un país de renta mediana para 2021 y un país desarrollado para 2041, Bangladesh lleva adelante un ambicioso programa de desarrollo que se despliega en múltiples dimensiones. El objetivo de acrecentar radicalmente la producción de electricidad, y conseguir así que para 2021 haya 2,7 millones de viviendas más conectadas a la red, es una piedra angular de este impulso desarrollista, y la energía nuclear cumplirá una función básica al respecto, explica Mohammad Shawkat Akbar, Director Ejecutivo de Nuclear Power Plant Company Bangladesh Limited. El país también trabaja para diversificar sus fuentes de energía, a fin de lograr una mayor seguridad energética y depender en menor medida de las importaciones y de sus escasos recursos internos, añade.

“Bangladesh está implantando la energía nuclear como fuente segura, ecológica y económicamente viable de electricidad”, dice el Sr. Akbar. La central de Rooppur, situada a 160 kilómetros al noroeste de Dhaka, constará de dos unidades que ofrecerán una

capacidad eléctrica total de 2 400 MW(e). Las obras están a cargo de una filial de la Corporación Estatal de Energía Atómica de Rusia “Rosatom”. Según el calendario previsto, la primera unidad entrará en funcionamiento en 2023 y la segunda en 2024. “Este proyecto servirá para mejorar el desarrollo del potencial social, económico, científico y tecnológico del país”, señala el Sr. Akbar.

El objetivo de Bangladesh de aumentar la producción de electricidad gracias a la energía nuclear será pronto una realidad, afirma el Sr. Akbar. “Durante 60 años, Bangladesh ha acariciado el sueño de construir su propia central nuclear. La central de Rooppur no solo proporcionará una carga mínima de electricidad estable, sino que también nos aportará más conocimientos y una mayor eficiencia económica”.

## Hitos en la senda nuclear

Bangladesh es uno de los cerca de 30 países que están contemplando, planificando o iniciando la implantación de la energía nucleoelectrica. El OIEA ayuda a estos países a llevar adelante sus programas mediante el “enfoque de los hitos”, un método que marca pautas sobre el trabajo que todo país en fase de incorporación debe hacer para implantar la energía nucleoelectrica, incluidas las infraestructuras conexas, haciendo especial hincapié en la detección de eventuales carencias a medida que el país camine hacia ese objetivo.



**Una vez finalizadas, las dos unidades de la central nuclear de Rooppur poseerán una capacidad eléctrica total de 2400 MW(e).**

(Fotografía: Arkady Sukhonin/Rosatom)

El OIEA ha venido ayudando a Bangladesh a dotarse de infraestructura nucleoelectrica, entre otras cosas instaurando un ordenamiento reglamentario y un sistema de gestión de desechos radiactivos, apoyo que el OIEA ha prestado como parte de su programa de cooperación técnica y con financiación parcial de la Iniciativa sobre los Usos Pacíficos.

La infraestructura nuclear tiene múltiples facetas: en ella convergen elementos institucionales, jurídicos, reglamentarios y de gestión, además de la infraestructura física. El “enfoque de los hitos” prevé tres fases, con un hito que debe alcanzarse al final de cada una.

La primera fase tiene que ver con la reflexión previa a la decisión de iniciar un programa nucleoelectrico y concluye con el compromiso oficial de poner en marcha el programa. La segunda fase abarca toda la labor preparatoria de la contratación y construcción de una central nuclear y culmina con el inicio de las licitaciones o negociaciones contractuales para las obras de construcción. La última fase corresponde a las actividades para hacer realidad la central nuclear: decisión final de inversión, contratación y construcción. La duración de todo el proceso varía según el país, pero por lo general oscila entre 10 y 15 años.

“El ‘enfoque de los hitos’ del OIEA es un documento de orientación y el plan de trabajo integrado es un medio muy útil para federar a todas las partes interesadas de Bangladesh y conseguir que el proyecto de la central de Rooppur satisfaga todos los requisitos de seguridad tecnológica y física y de salvaguardias”, señala el Sr. Akbar. “Gracias a este plan, Bangladesh ha adoptado un planteamiento holístico para aplicar las pautas del OIEA y cooperar con los interlocutores del país y otros asociados bilaterales con objeto de dotarse de un programa nacional de energía nucleoelectrica”.

### Misión INIR

El Examen Integrado de la Infraestructura Nuclear (INIR) es un examen por homólogos de carácter holístico que ayuda a los Estados Miembros a evaluar el estado de su infraestructura nacional de cara a la implantación de la energía nucleoelectrica. Tras su primera misión INIR a Bangladesh, concluida en noviembre de 2011, el OIEA formuló recomendaciones sobre la elaboración de un plan para dotar al país de infraestructura nuclear. Casi cinco años más tarde, en mayo de 2016, se llevó a cabo una misión de seguimiento en la que se constataron los progresos realizados: Bangladesh había establecido un órgano regulador nuclear, había elegido un emplazamiento para la central eléctrica y había ultimado la caracterización del emplazamiento y la evaluación de impacto ambiental.

“El OIEA y otros organismos, en particular los de países más duchos en la materia, pueden prestar apoyo y lo hacen, pero la responsabilidad de la seguridad tecnológica y física recaerá en el Gobierno”, declaró Dohee Hahn, Director de la División de Energía Nucleoelectrica del OIEA, en la ceremonia del primer hormigonado de seguridad nuclear celebrada en Rooppur el 30 de noviembre de 2017. “El OIEA permanece a disposición de Bangladesh para seguir ayudándolo a dotarse de un programa nucleoelectrico seguro, pacífico y sostenible”.

# El tratamiento por irradiación permite a pequeñas empresas malayas incorporarse a cadenas de valor mundiales

Miklos Gaspar



**Cables como estos que fabrica Wonderful Ebeam Cable formarán parte del compartimento motor de automóviles. Los cables adquieren propiedades termorresistentes e ignífugas al ser sometidos a irradiación.**

(Fotografía: M. Gaspar/OIEA)

Con afán de extraer el máximo provecho de la globalización y lograr mayores ingresos, muchas pequeñas y medianas empresas (pymes) desean integrarse en una cadena de suministro de dimensión mundial. Ahora bien, dada las estrecheces presupuestarias con que trabajan, para muchas pymes resulta difícil satisfacer los requisitos de calidad impuestos por las multinacionales que encabezan dichas cadenas de valor. El organismo nuclear malayo, Nuklear Malaysia, está aportando su grano de arena para ayudar en este sentido.

Gracias al apoyo de Nuklear Malaysia, Wonderful Ebeam Cable Sdn Bhd se ha convertido en la primera pyme malaya en suministrar cables al floreciente sector automotriz del país. “Gracias a la tecnología de la radiación hemos conseguido mejorar nuestra línea de productos y cumplir los requisitos de los fabricantes de automóviles”, afirma Ir Chan Chang Choy, Director Ejecutivo de la empresa. “Esto ha hecho crecer el negocio y en consecuencia también el número de empleados”.

Dadas las elevadas temperaturas que se alcanzan en el motor, los cables empleados en este compartimento de los vehículos deben ser termorresistentes e ignífugas, para evitar toda posibilidad de que ardan, y con ellos el automóvil. Para mejorar las propiedades termorresistentes y piroretardantes

del aislamiento de los alambres de cobre es necesario reticular los polímeros que lo componen, o dicho de otro modo: formar una malla sumamente compacta de cadenas de polímeros interconectadas (véase el recuadro “Base científica”). Gracias al aislante reticulado los cables presentan una temperatura de servicio más elevada, que en el caso del cloruro de polivinilo (PVC), por ejemplo, pasa de 75 °C en el PVC normal a 100 °C si se usa PVC reticulado.

La reticulación también puede conseguirse utilizando productos químicos, pero este proceso exige temperaturas elevadas. El método alternativo, la irradiación de los polímeros, induce la formación de enlaces permanentes entre las cadenas de polímeros a temperatura ambiente, lo que entraña menores costos de explotación.

En Malasia ninguna pyme cuenta con tecnología de irradiación y los bancos son reacios a conceder préstamos para la adquisición del equipo necesario, asegura el Sr. Chang Choy. “La maquinaria es cara y los bancos no admiten el propio equipo como garantía porque, al no existir un mercado de equipos de irradiación de segunda mano, no podrían venderlo si la empresa quebrase”.



Nuklear Malaysia, sin embargo, cobra una tarifa económica por irradiar los productos de pequeñas empresas como la del Sr. Chang Choy.

“Hace ya tiempo que la industria automotriz fue señalada como uno de los principales sectores que podían impulsar al país en su aspiración de llegar a ser una nación industrializada para 2020”, dice Zulkafli Ghazali, Director de Tecnología de Tratamiento por Irradiación de Nuklear Malaysia. “Para ello es indispensable que Malasia disponga de capacidad propia de fabricación de cables”. Con el apoyo que presta, el organismo nuclear ayuda al Gobierno a llevar adelante su Plan Maestro para Pymes, que tiene por objetivo acelerar el crecimiento de las pymes para que su contribución a la economía pase de un 32 % del PIB en 2010 a un 41 % en 2020.

Wonderful Ebeam Cable envía sus productos a la instalación de irradiación de Nuklear Malaysia tres veces a la semana. A los pocos días, los cables regresan ya listos para ser entregados a las empresas automovilísticas.

Nuklear Malaysia colabora con varias pymes en distintas aplicaciones del tratamiento por irradiación, sirviéndose de radiaciones ionizantes como la radiación gamma o los haces de

electrones para modificar las características físicas, químicas o biológicas de los materiales y así dotarlos de más utilidad y valor o reducir su impacto ambiental. Las aplicaciones más corrientes apuntan a modificar material de plástico o caucho, esterilizar dispositivos médicos y artículos de consumo, conservar alimentos y reducir la contaminación ambiental.

Los científicos de Nuklear Malaysia se han beneficiado de varios proyectos de cooperación técnica y proyectos de investigación colaborativos del OIEA, gracias a los cuales, trabajando con expertos de todo el mundo, han perfeccionado la tecnología empleada en el tratamiento por irradiación. “El OIEA ayuda a transformar los conocimientos especializados mundiales en conocimientos especializados locales”, dice el Sr. Ghazali.

El OIEA ayuda a los Estados Miembros a adquirir mayor capacidad para implantar técnicas basadas en la radiación que propicien procesos industriales más limpios y seguros. Nuklear Malaysia ha participado en varios proyectos de este tipo y desde 2006 está reconocido como centro colaborador del OIEA para el tratamiento por irradiación de polímeros naturales y nanomateriales.

## BASE CIENTÍFICA

### Tratamiento por irradiación

La tecnología de la radiación puede servir para modificar diversos materiales. Los cambios que induce en sus propiedades hacen que a menudo resulten útiles para muy diversas aplicaciones comerciales.

Para modificar materiales se utilizan diversas fuentes de radiación, tales como fuentes de radioisótopos de alta intensidad, aceleradores de electrones de distintos niveles de energía, y los rayos X que generan. La radiación también se emplea para la práctica de injertos.

La principal aplicación comercial de esta tecnología es la reticulación de cadenas de polímeros, empleada en la fabricación de aislantes para alambres y cables, neumáticos de automóvil o látex de caucho natural para artículos médicos como los guantes. Con este método se confieren propiedades superiores a los materiales sin necesidad de usar sustancias químicas tóxicas.

Un enlace cruzado es un enlace químico que une la cadena de un polímero con otra, lo que da lugar a cambios en las características físicas del polímero. Por ejemplo, cuando a las largas cadenas moleculares del caucho se les añaden enlaces cruzados, disminuye la flexibilidad y aumentan la dureza y el punto de fusión.

Este método se emplea en todo el mundo para otras aplicaciones comerciales, como tubos termorretráctiles, envases para alimentos o calentadores autorregulables. Los polímeros reticulados hidrosolubles, también denominados hidrogeles, se comercializan para la realización de apósitos destinados específicamente a tratar quemaduras y úlceras diabéticas.

# De visita en el centro internacional de investigación SESAME

Aabha Dixit (texto) y Dean Calma (fotografías)



1

El Centro Internacional de Radiaciones de Sincrotrón para Ciencias Experimentales y Aplicadas en Oriente Medio, o Centro SESAME, es una instalación de investigación nuclear inaugurada en mayo de 2017 gracias a una iniciativa regional impulsada con ayuda de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). El OIEA, por conducto de su programa de cooperación técnica, prestó asesoramiento y apoyo técnico durante la fase de creación del Centro.

2

“El Centro SESAME es un logro a la vez científico y de relaciones internacionales, y su éxito obedece al interés y la confianza de cuantos participan en él”, afirma Khaled Toukan, Presidente de la Comisión de Energía Atómica de Jordania. Los miembros del Centro SESAME son la Autoridad Palestina, Chipre, Egipto, Irán, Israel, Jordania, el Pakistán y Turquía.

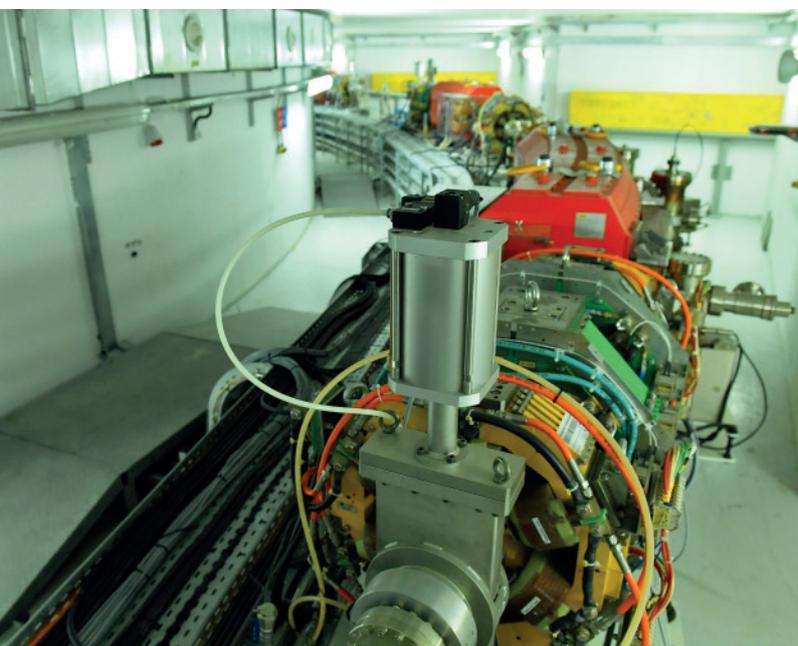




**3** Anillo de almacenamiento interno de la instalación, en el que los electrones empiezan a circular para generar la energía requerida de 2,5 GeV. El anillo de almacenamiento interno, o anillo propulsor, provisto de imanes deflectores y de enfoque, permite que los haces de electrones circulen mientras se van acelerando. A partir de ahí se generan, concretamente, haces de microondas, luz infrarroja, visible y ultravioleta, rayos X y rayos gamma.

**4** El OIEA ha ayudado a poner en marcha los imanes del Centro SESAME impartiendo capacitación sobre temas como la tecnología de la línea de haz o sobre instalación, montaje y verificación del instrumental.

**5** Erhard Huttel, Director Técnico del Centro SESAME, explica el proceso por el que se inyectan en el sincrotrón haces de electrones preacelerados. Los sincrotrones son fuentes de radiación electromagnética generada por electrones que se desplazan a una velocidad cercana a la de la luz.





6

Los haces electromagnéticos viajan por estos tubos de vacío herméticos para llegar a los distintos nodos de experimentación.



7

El Centro SESAME está abierto a científicos invitados, como investigadores o estudiantes universitarios, que pueden participar en experimentos con radiación sincrotrónica y analizar los datos obtenidos para aplicarlos a muy diversas disciplinas (biología, arqueología, física, química, ciencias médicas...) o a investigaciones relacionadas con las propiedades básicas de los materiales.

8

El blindaje del techo, diseñado especialmente al efecto, ofrece protección radiológica y protege los anillos de almacenamiento por los que circulan las líneas de haz electromagnético, lo que garantiza la seguridad de la instalación.





**9** Operarios comprueban el suministro de energía eléctrica en el anillo de almacenamiento externo de la instalación.

**10** Messaoud Harfouche, científico especializado en fluorescencia de rayos X (XRF) y análisis de estructura fina por absorción de rayos X (XAFS), comprueba el instrumental de XRF del reactor. En este nodo de experimentación con líneas de haz de XRF, la radiación sincrotrónica es utilizada para muy diversas aplicaciones de investigación y capacitación.



**11** Gihan Kamel, científica egipcia especializada en líneas de haz infrarrojo, trabaja en el laboratorio de haces infrarrojos. Las actividades de investigación y capacitación sobre estas líneas de haz del Centro SESAME ayudan a los científicos de la región a entender mejor su uso y sus aplicaciones.



## ¿Qué es la Iniciativa sobre los Usos Pacíficos?

La Iniciativa sobre los Usos Pacíficos echó a andar en 2010, y desde entonces ha sido un instrumento básico para obtener aportaciones extrapresupuestarias que, como complemento del Fondo de Cooperación Técnica, sirvieron para apoyar distintos proyectos de cooperación técnica y otros proyectos del OIEA carentes de financiación relacionados con la aplicación de la tecnología nuclear con fines pacíficos.

Los recursos adicionales obtenidos por conducto de la Iniciativa han servido para respaldar muy diversas actividades del OIEA que tienen por fin promover objetivos generales de desarrollo en los Estados Miembros en ámbitos como la seguridad alimentaria, la ordenación de los recursos hídricos, la salud humana y animal (incluida la creación de una red de laboratorios de diagnóstico veterinario en África y Asia), el desarrollo de la infraestructura nucleoelectrica o la seguridad nuclear, actividades que en muchos casos no habría sido posible financiar sin la Iniciativa.

Gracias a la Iniciativa, además, el OIEA ha podido responder con más rapidez y flexibilidad a la evolución de las prioridades de los Estados Miembros, así como a necesidades sobrevenidas o emergencias imprevistas, como dejó patente el Organismo en su respuesta a la enfermedad por el virus del Ébola en África occidental, a la enfermedad por el virus del Zika en América Latina y el Caribe o a distintas catástrofes naturales en Asia y América Latina.

A febrero de 2018, la Iniciativa había ayudado a movilizar más de 100 millones de euros (de 24 Estados Miembros, la Comisión Europea y el sector privado) para secundar más de 250 proyectos en beneficio de más de 150 Estados Miembros.

El OIEA seguirá promoviendo los beneficios de los usos pacíficos de la ciencia y la tecnología nucleares, contribuyendo así a hacer realidad su lema, “Átomos para la paz y el desarrollo”, y ayudando a los Estados Miembros a cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

**Las técnicas nucleares y de base nuclear pueden ser útiles para mejorar el estado de salud de los animales, combatir sus enfermedades y potenciar la producción pecuaria.**

(Fotografía: N. Jawerth/OIEA)



**Veterinarios de Bangui (República Centroafricana) utilizan técnicas de base nuclear para detectar enfermedades transmitidas por los animales al ser humano, como la del Ébola. El OIEA ayuda a equipar los laboratorios y capacita a los científicos en el uso de estas técnicas.**

(Fotografía: L. Gil/OIEA)



## Cómo hacer una aportación extrapresupuestaria por conducto de la Iniciativa sobre los Usos Pacíficos

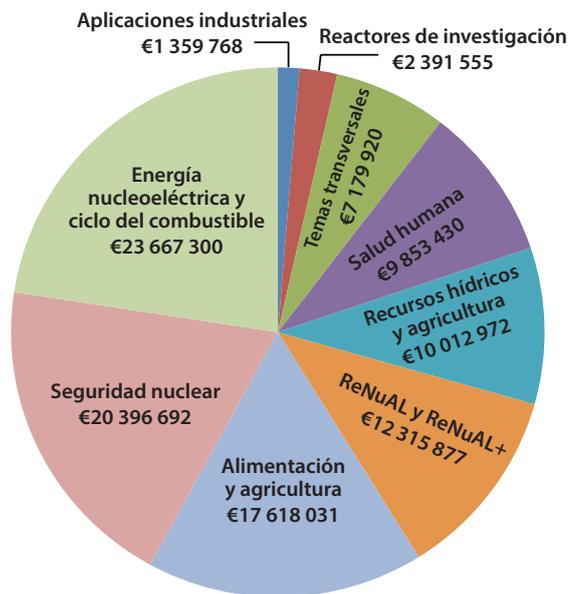
Los Estados Miembros inician el proceso enviando una carta de compromiso al OIEA en la que indican el monto de la aportación y el proyecto específico que desean financiar, si ya lo tienen decidido, señalando también que la contribución se efectúa a través de la Iniciativa sobre los Usos Pacíficos. Se alienta a los Estados Miembros a que, antes de realizar su promesa oficial, mantengan estrechas consultas con la Secretaría.

El OIEA pondrá en marcha el proceso oficial de aceptación de la contribución y responderá a la carta de compromiso.

Se alienta a los donantes privados interesados en realizar una aportación por conducto de la Iniciativa a que se pongan en contacto con la Secretaría para determinar la modalidad adecuada.

Para obtener más información sobre la Iniciativa sobre los Usos Pacíficos, consulte la página web: <https://www.iaea.org/services/key-programmes/peaceful-uses-initiative>

## Desglose por ámbitos temáticos de las cantidades asignadas a la Iniciativa sobre los Usos Pacíficos



Construcción de un búnker para un acelerador lineal en el campus del OIEA de Seibersdorf (Austria).

(Fotografía: D. Calma/OIEA)

# Sigue avanzando la modernización de los laboratorios del OIEA

Matt Fisher

La modernización de los laboratorios de aplicaciones nucleares que el OIEA tiene en Seibersdorf (Austria) avanza a buen ritmo, encuadrada en los esfuerzos del Organismo por dotarse de mayor capacidad para responder mejor a las necesidades de los Estados Miembros mediante actividades de investigación aplicada, creación de capacidad y servicios técnicos relacionados con las aplicaciones de la ciencia nuclear. Este proyecto cuenta con financiación parcial de la Iniciativa sobre los Usos Pacíficos.

El proyecto de modernización prevé la construcción de dos nuevos edificios destinados a albergar laboratorios. Uno de ellos, el Laboratorio de Lucha contra Plagas de Insectos (IPCL), fue inaugurado el 25 de septiembre de 2017 y, según las previsiones, entrará en funcionamiento a principios de 2019. Con este laboratorio el OIEA podrá prestar una mejor asistencia a los Estados Miembros en el uso de la técnica de los insectos estériles para combatir las plagas de insectos.

“Gracias a las nuevas y modernas instalaciones con que contará en el futuro, el IPCL podrá hacer aún más para ayudar a los Estados Miembros a controlar las plagas de insectos que ponen en peligro nuestros cultivos, nuestro ganado y nuestra salud”, declaró durante la inauguración Yukiya Amano, Director General del OIEA.

El nuevo edificio del Laboratorio Modular Flexible, cuya inauguración está prevista para finales de 2018, albergará tres laboratorios: el Laboratorio de Protección de los Alimentos y el Medio Ambiente, el Laboratorio de Gestión de Suelos y Aguas y Nutrición de los Cultivos y el Laboratorio de Producción Pecuaria y Salud Animal.

Los Estados Miembros han contribuido a las obras de modernización con más de 32 millones de euros en fondos extrapresupuestarios, de los que más de 12 millones han pasado por la Iniciativa sobre los Usos Pacíficos. A febrero de 2018, 33 Estados Miembros habían realizado contribuciones financieras o en especie. En reconocimiento del esfuerzo de los donantes, todos ellos figuran en el muro de agradecimientos que está situado en el vestíbulo del nuevo IPCL. Los próximos objetivos de financiación apuntan a cubrir las restantes necesidades de infraestructura, así como la dotación en equipo, las actividades de puesta en marcha y la mejora de los demás laboratorios.

La labor destinada a diversificar las fuentes de recursos del OIEA más allá de sus donantes tradicionales se tradujo en un acuerdo de colaboración con Varian Medical Systems que prevé el préstamo durante diez años de un acelerador lineal (linac) al Laboratorio de Dosimetría. En agosto de 2017 dio comienzo la labor preparatoria de la construcción del búnker que albergará este acelerador lineal.

El OIEA también ha recibido un espectrómetro de masas de cromatografía de líquidos de alta velocidad gracias a un acuerdo suscrito con la Shimadzu Corporation, que efectúa esta donación a través de la Iniciativa sobre los Usos Pacíficos. Con este espectrómetro el OIEA podrá prestar mayor apoyo a los Estados Miembros en las actividades de investigación y capacitación sobre inocuidad de los alimentos.



Inauguración del Laboratorio de Lucha contra Plagas de Insectos de Seibersdorf (Austria), el 25 de septiembre de 2017 (de izquierda a derecha): Ren Wang, Director General Adjunto de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; Friedrich Däuble, Representante Residente de Alemania ante el OIEA; Christine Stix-Hackl, Representante Permanente de Austria ante las Naciones Unidas; Yukiya Amano, Director General del OIEA; Darmansjah Djumala, Representante Permanente de Indonesia ante las Naciones Unidas; y Tebogo Seokolo, Representante Permanente de Sudáfrica ante las Naciones Unidas. (Fotografía: D. Calma/OIEA)

## Expertos destacan la importancia de las soluciones multidisciplinarias con uso de técnicas nucleares en un acto de celebración del Día Mundial contra el Cáncer

En una mesa redonda celebrada con ocasión del Día Mundial Contra el Cáncer, expertos de renombre internacional destacaron la importancia de facilitar la sinergia entre distintas técnicas nucleares para prevenir, diagnosticar y tratar esta enfermedad.

“Haremos lo posible por mejorar continuamente los servicios que proponemos a nuestros Estados Miembros para que puedan ofrecer una mejor atención, y más esperanza, a su población”, declaró el Director General del OIEA, Yukiya Amano. “Expertos del OIEA de todos los departamentos técnicos y de numerosas disciplinas científicas crean paquetes de servicios que ayudan a los países a mejorar el acceso a los modernos tratamientos contra el cáncer”.

Los participantes pasaron revista a las distintas formas en que las técnicas nucleares pueden ser útiles en las labores de prevención, diagnóstico y tratamiento del cáncer y ayudar a países de todo el mundo a afrontar más eficazmente la enfermedad en beneficio de sus pacientes. La reflexión giró en torno a cuatro grandes ejes: nutrición; diagnóstico y seguimiento; radioncología y radioterapia; y garantía de calidad.

“Millones de personas confían en nosotros para seguir impulsando la lucha contra el cáncer”, manifestó la Princesa Dina Mired de Jordania, Presidenta electa de la Unión Internacional contra el Cáncer, quien también destacó la importancia de la voluntad política y de una gestión adecuada a la hora de combatir la enfermedad.

El OIEA interviene con gran empeño en la lucha contra el cáncer con aplicación de técnicas nucleares, en particular la radioterapia, la braquiterapia y el uso de radiofármacos de diagnóstico. Esta labor contribuye a hacer realidad el tercero de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (“Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos a todas las edades”).

“La atención oncológica debe abordarse de forma holística (...) Ahora hemos incorporado a nuestro sistema nacional de salud un programa de control del cáncer”, explicó Nila F. Moeloek, Ministra de Salud de Indonesia y una de las oradoras de la mesa redonda. “Es esencial instaurar relaciones duraderas de colaboración y coordinación con todos los interlocutores”, añadió.

Alan Jackson, que preside el Grupo de Actualización Continua sobre Nutrición y Cáncer y enseña alimentación humana en la Universidad de Southampton (Reino Unido), habló del papel de la nutrición y el ejercicio físico en la prevención y el tratamiento del cáncer.

“Están surgiendo y se están promoviendo muy diversas posibilidades ligadas al uso de técnicas isotópicas para prevenir y tratar el cáncer”, explicó el Sr. Jackson. “Existe una incipiente colaboración internacional en torno a los vínculos entre nutrición y cáncer”.

Joanna Kasznia-Brown, radióloga británica que forma parte del Comité Internacional del Colegio Real de Radiólogos, se refirió a la función de la imagenología médica en el manejo del cáncer, en particular el diagnóstico y la confección de los planes de tratamiento. “Si detectamos el cáncer en sus primeros estadios, el tratamiento depara resultados mucho mejores”, dijo.

Mack Roach III, profesor de radioncología y urología y director del Programa de Investigación y Divulgación sobre Radioterapia con Partículas Cargadas del Departamento de Radioncología de la Universidad de California-San Francisco, destacó la importancia de combatir la enfermedad desde una óptica multidisciplinar y recalcó, en especial, la función de la radioterapia.

“La radioterapia sigue siendo uno de los tratamientos del cáncer más antiguos, eficaces y económicos que existen en la actualidad”, dijo el Sr. Roach. “El

perfeccionamiento de los computadores y los avances de la imagenología y la ciencia de los materiales han aportado mucha más precisión y seguridad a la radioterapia”, añadió.

Jake Van Dyk, Presidente de Medical Physics for World Benefit y profesor emérito de oncología y biofísica médica en la Western University de London, Ontario (Canadá), se refirió al uso de la física médica como elemento integral de la progresión que ha de llevar al mundo a librarse del cáncer.

“Es importante que un equipo de radioterapia cuente con físicos médicos”, explicó el Sr. Van Dyk. “Su participación es esencial para una positiva evolución del paciente. Por ello es crucial capacitar a la próxima generación de físicos médicos, radioncólogos y radioterapeutas”.

Ntoko Ndlovu, radioncóloga y catedrática de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Zimbabwe, habló de la función que cumplen las técnicas nucleares en el tratamiento del cáncer en África.

“El OIEA ha sido determinante para dotar a África de capacidad en materia de radioterapia”, señaló la Sra. Ndlovu. “Gracias a este proyecto se creó la Red Africana de Radioncología (AFRONET), una iniciativa de telemedicina que apunta a mejorar la calidad de las decisiones clínicas y del tratamiento con radioterapia, reforzar la enseñanza que reciben los médicos residentes y obtener mejores resultados terapéuticos”.

“El acto organizado por el OIEA con motivo del Día Mundial contra el Cáncer puso de manifiesto la relevancia que tienen en la lucha contra el cáncer los avances en medicina radiológica, así como el papel de la nutrición en la prevención, y sirvió para tender puentes entre ciencia y política”, afirmó May Abdel-Wahab, Directora de la División de Salud Humana del OIEA.

— *Matt Fisher*

## Subvención de 600 000 dólares del Fondo OPEP para promover el uso de técnicas nucleares en pro de la seguridad alimentaria y la agricultura sostenible

La mejora de las prácticas agrícolas y la salud animal y con ello, a la postre, la consecución de un mayor nivel de seguridad alimentaria, será el resultado de los proyectos respaldados con una subvención de 600 000 dólares estadounidenses del Fondo para el Desarrollo Internacional (OFID) de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) en el marco de un acuerdo suscrito en diciembre pasado con el OIEA.

Esta labor, destinada a promover el uso de técnicas nucleares para mejorar las prácticas agrícolas, redundará en beneficio de muchas personas, en especial agricultores pobres, de países asiáticos en desarrollo.

En la firma del acuerdo, que tuvo lugar en la sede vienesa del OFID, el Director General del Fondo, Suleiman J. Al-Herbish, destacó que los proyectos se inscriben en la línea marcada por el segundo Objetivo de Desarrollo Sostenible, “Hambre cero”.

“Los dos proyectos aportarán mayor seguridad alimentaria y, a la larga, impulsarán el crecimiento social y económico, dos elementos fundamentales de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, que el OFID suscribe y secunda sin reservas”, señaló el Sr. Al-Herbish. “Nos complace colaborar con el OIEA en el apoyo que presta a la agricultura asiática.”

### Aumento de la producción de arroz

En Bangladesh, Camboya, Nepal y la República Democrática Popular

Lao se destinarán 400 000 dólares estadounidenses a ayudar a los agricultores a cultivar arroz adaptado a los efectos del cambio climático. En los últimos años los países de Asia, que concentran el 90 % de la producción arrocería mundial, han visto fluctuar el rendimiento de sus cultivos debido al aumento de las temperaturas, que trae consigo enfermedades vegetales, plagas de insectos, graves inundaciones, sequías extremas y una subida del nivel del mar que acrece la salinidad del suelo y reduce su fertilidad en las zonas costeras. Sirviéndose de técnicas nucleares e isotópicas, los científicos pueden ayudar a los agricultores a manejar más eficazmente los recursos hídricos y a optimizar el uso de fertilizantes para obtener mejores cosechas al menor costo posible.

Es previsible que la aplicación de prácticas más adecuadas se traduzca en un aumento de la productividad, lo que a su vez propiciará una producción más cuantiosa de arroz de gran calidad a precio asequible y aportará así una mayor seguridad alimentaria a la población rural de los países beneficiarios. El uso de mejores tecnologías también ayudará a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la producción de arroz.

### Lucha contra las enfermedades animales

Los otros 200 000 dólares se destinarán a la aplicación de técnicas de base nuclear para diagnosticar la fiebre aftosa y otras enfermedades que afectan al ganado en Camboya, Myanmar, la

República Democrática Popular Lao y Viet Nam. Muchas enfermedades animales son extremadamente contagiosas y pueden propagarse con rapidez dentro de un país y más allá de sus fronteras, cosa que perjudica el comercio y, en ciertos casos, afecta a la salud pública. La pronta y rápida detección del patógeno es un factor básico para contener la extensión de estas enfermedades, para cuyo diagnóstico se elaboran estuches de pruebas en los que se emplean técnicas de base nuclear. Aunque con los métodos convencionales se pueden detectar los virus, su aplicación exige mucho tiempo y no permite determinar el comportamiento del virus ni sus características genéticas, factores ambos esenciales para responder con rapidez.

Como parte de la subvención está previsto que el OIEA, en colaboración con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), imparta capacitación a veterinarios de los cuatro países sobre diagnóstico y control de las enfermedades. El proyecto beneficiará en última instancia a los pequeños ganaderos e incrementará la producción bovina.

Desde 1989 el OFID ha concedido al OIEA 12 subvenciones por un total de 2,4 millones de dólares estadounidenses para secundar proyectos relacionados con la salud o la agricultura en África, Asia y América Latina.

— Miklos Gaspar

## La gestión estratégica de programas nucleoelectricos nuevos o en proceso de ampliación, a examen en una reunión anual

En una reunión del OIEA celebrada a principios de año en Viena se examinaron las dificultades con que topan los países a la hora de instaurar o ampliar un programa nucleoelectrico. Entre ellas se encuentran la elaboración de un marco regulador y jurídico,

el establecimiento de una entidad propietaria/explotadora eficaz, la participación de todos los interlocutores para generar en la población un clima de confianza en la energía nucleoelectrica y la capacitación de personal cualificado.

Esa reunión técnica anual sobre “Cuestiones de actualidad relacionadas con el desarrollo de la infraestructura nucleoelectrica”, celebrada del 31 de enero al 2 de febrero de 2018, congregó a un centenar de representantes de países con centrales

en funcionamiento, países en fases de incorporación y organizaciones internacionales. Altos cargos de instancias públicas nacionales, órganos reguladores y entidades propietarias/explotadoras presentaron información actualizada sobre sus actividades y pusieron en común buenas prácticas y enseñanzas extraídas a la hora de poner en marcha un programa nucleoelectrico o de estudiar su eventual implantación o ampliación.

“En 2017 observamos importantes avances en la elaboración de programas nucleoelectricos”, afirmó Milko Kovachev, Jefe de la Sección de Desarrollo de Infraestructura Nuclear del OIEA. “Dos países en fase de incorporación a la energía nucleoelectrica, los Emiratos Arabes Unidos y Belarús, están a punto de finalizar su primera central nuclear. Los Emiratos Arabes Unidos serán el primer país recién incorporado que pondrá en marcha una central en muchos años”. El Sr. Kovachev añadió que una de las claves del éxito reside en que el país se vaya dotando de la infraestructura nuclear necesaria al mismo ritmo al que avanza el proyecto de central nuclear.

Bangladesh empezó a construir su primera central en noviembre de 2017. Está previsto que Turquía haga otro tanto sin tardanza, a reserva de la pertinente aprobación reglamentaria. Egipto ha firmado contratos para construir su primera central nuclear, mientras que otros países en vías de incorporación se encuentran en distintas etapas del proceso preparatorio de sus respectivos programas nucleoelectricos.

El año pasado, varios países que ya tienen centrales en funcionamiento también dieron pasos sustanciales para ampliar su actividad nucleoelectrica. “Está previsto que este año entren en servicio en varios países diseños avanzados e inéditos, como el AP1000 en China o el EPR1600 en China y Francia”, señaló el Sr. Kovachev. Se trata en ambos casos de reactores avanzados de agua a presión.

Los participantes debatieron una serie de aspectos básicos que también forman parte del “enfoque de los hitos” del OIEA, proceso en tres etapas destinado

a implantar la infraestructura necesaria para un programa nucleoelectrico sostenible y tecnológica y físicamente seguro.

La participación de los diferentes colectivos de partes interesadas en las sucesivas etapas de un programa es un factor básico para aplicarlo con éxito, pudieron escuchar los participantes. Los Estados Miembros del OIEA están combinando una serie de instrumentos y enfoques comunes, entre ellos el uso de las redes sociales, para responder a las necesidades de las partes interesadas y generar una relación positiva y abierta con las comunidades locales. El OIEA ofrece muy diversos materiales de orientación y actividades de capacitación para los expertos y planificadores de los países, y actualmente está preparando nuevos servicios, entre ellos un curso sobre la participación de las partes interesadas.

Los participantes coincidieron en que la elaboración de modelos sobre los recursos humanos necesarios es un elemento importante en la preparación de planes para que los organismos nacionales cuenten con la dotación de personal adecuada en las diferentes etapas del programa. El OIEA ofrece un modelo de la plantilla necesaria para implantar la energía nucleoelectrica y ha capacitado a muchos expertos nacionales para ponerlo en práctica.

La entidad propietaria/explotadora de la futura central nuclear debe estar prevista desde buen principio y ser establecida en la fase de desarrollo del proyecto (fase 2 del “enfoque de los hitos” del OIEA), escucharon los participantes, que coincidieron en que el propietario/explotador debe ser un “cliente versado”, provisto de conocimientos técnicos suficientes para suscribir los servicios de contratistas y supervisar su quehacer.

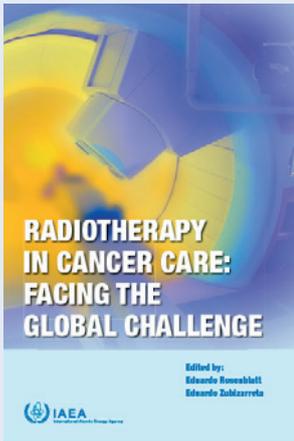
La creación de capacidad de supervisión reglamentaria debe comenzar con antelación, en la fase de desarrollo del proyecto, y ser ampliada durante la construcción. Para que el regulador nacional pueda cumplir sus funciones con eficacia es indispensable que cuente con una dotación suficiente de personal cualificado. El OIEA

ofrece apoyo y orientación en la materia. “La existencia de un órgano regulador transparente, abierto y que inspire confianza es uno de los aspectos más importantes de un programa nucleoelectrico”, destacó Stewart Magruder, de la Sección de Actividades de Reglamentación del OIEA.

Varios países barajan la posibilidad de usar tecnología de reactores modulares pequeños en su programa nucleoelectrico. Estos avanzados reactores, que generan hasta 300 MW(e) de energía eléctrica por módulo, son más adecuados para redes eléctricas pequeñas y lugares remotos o aislados. Además, sus plazos de construcción son menores y la inversión inicial puede ser menos cuantiosa. Los participantes, sin embargo, señalaron que en tal caso la concesión de licencia traería consigo una serie de aspectos inéditos que complicarían el proceso reglamentario. Aunque existen alrededor de 50 diseños y conceptos de reactores pequeños y medianos o modulares, de los que tres se encuentran en fase avanzada de construcción, no hay ningún tipo de experiencia operacional con ellos. El OIEA ofrece un foro en el que poner en común los últimos resultados de las actividades de investigación y desarrollo en relación con esta tecnología.

Los representantes de muchos países destacaron su cooperación con el OIEA y subrayaron la importancia de las misiones de Examen Integrado de la Infraestructura Nuclear (INIR). “Tras la misión INIR de 2017 nos quedó mucho más claro el rumbo que debíamos seguir”, dijo Nii Kwashi Allotey, Director del Instituto de Energía Nucleoelectrica de Ghana. “Ahora estamos trabajando en la recomendación de la misión y tenemos una idea más clara de los ámbitos en que debemos invertir más recursos”. Hasta la fecha el OIEA ha llevado a cabo 22 misiones INIR en 16 países.

— Elisabeth Dyck



## Radiotherapy in Cancer Care: Facing the Global Challenge

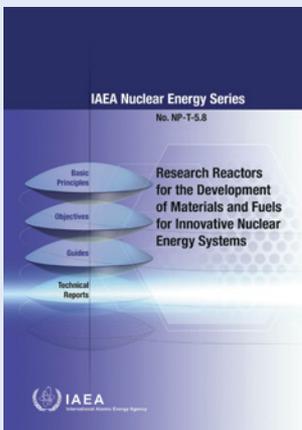
Esta publicación presenta una panorámica completa de los principales temas y problemas que conviene tener en cuenta al elaborar una estrategia de diagnóstico y tratamiento del cáncer, especialmente en los países de ingresos medianos y bajos. El tratamiento de esta enfermedad es complejo y convoca todo un conjunto de servicios. Es opinión generalizada que la radioterapia constituye una de las herramientas fundamentales para el tratamiento oncológico y los cuidados paliativos.

En muchos países hay escaso acceso a la radioterapia y en otros varios ni siquiera existe tal posibilidad. Esta falta de acceso agrava la carga de morbilidad y pone de relieve la disparidad asistencial que sigue existiendo entre los países. Subsanan este desequilibrio es un paso ineludible para resolver el problema de la equidad sanitaria en el mundo.

En esta publicación, que reúne artículos de destacados especialistas en la materia, se exponen los logros y problemas del uso de la radioterapia como modalidad de tratamiento del cáncer en todo el mundo. La obra contiene capítulos dedicados específicamente a la radioterapia con protones, la radioterapia con iones de carbono, la radioterapia intraoperativa, la radioterapia infantil, los tumores malignos relacionados con el VIH/sida y cuestiones ligadas al costo y la gestión de la calidad.

Publicaciones monográficas; ISBN: 978-92-0-115013-4; edición en inglés; 62,00 euros; 2017

[www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10627/Cancer](http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10627/Cancer)



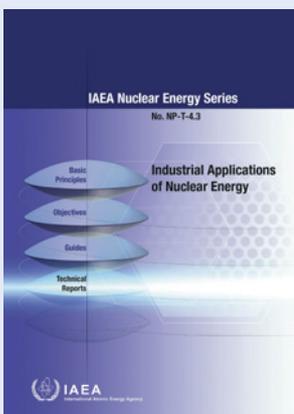
## Research Reactors for the Development of Materials and Fuels for Innovative Nuclear Energy Systems

En esta publicación se presentan sintéticamente las capacidades y propiedades de los reactores de investigación de cara a la producción de combustibles y materiales para reactores nucleares innovadores, como pueden ser los de la Generación IV. Se presenta aquí información completa sobre las posibilidades que ofrecen 30 reactores de investigación, ya estén en funcionamiento o en desarrollo, para el estudio experimental de materiales y combustibles, con datos sobre sus niveles de potencia, modalidad de funcionamiento, estado actual y disponibilidad, a lo cual se añade una reseña histórica de la utilización de cada uno de ellos y un resumen de todas estas capacidades y propiedades.

En un CD-ROM que acompaña la obra y forma parte de la publicación están recopiladas una serie de fichas técnicas descriptivas de cada reactor de investigación, incluidas sus características específicas de utilización. Esta publicación responde a la voluntad de dar mayor acceso a la información sobre los reactores de investigación existentes cuyas propiedades se prestan al estudio experimental avanzado de materiales y, de esta manera, lograr que sean aprovechados en mayor medida para este tipo específico de investigaciones.

*Colección de Energía Nuclear del OIEA* N° NP-T-5.8; ISBN: 978-92-0-100816-9; edición en inglés; 32,00 euros; 2017

[www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10984/Research-Reactors](http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10984/Research-Reactors)



## Industrial Applications of Nuclear Energy

En esta publicación se repasan en detalle los posibles usos de la energía nuclear en sistemas o procesos industriales que son muy exigentes en electricidad o en calor o vapor de proceso y se indica la localización de los reactores de potencia que se ofrecen para diversas aplicaciones industriales. También se exponen aquí los conceptos técnicos en que reposan los complejos que están en preparación en varios países para combinar aplicaciones industriales y energía nuclear y se presentan los conceptos que fueron elaborados en el pasado para aplicarlos a importantes sectores industriales. La obra contiene asimismo un análisis de la demanda energética de varios sectores y una descripción general de las posibilidades que ofrece la energía nuclear para aplicaciones industriales de envergadura, como el uso del vapor de proceso para la extracción y refinación de petróleo, la generación de hidrógeno o la producción de acero y aluminio.

*Colección de Energía Nuclear del OIEA* N° NP-T-4.3; ISBN: 978-92-0-101417-7; edición en inglés; 59,00 euros; 2017

[www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/8676/Industrial](http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/8676/Industrial)

Si necesita información adicional o desea encargar un libro,  
póngase en contacto con:

Dependencia de Mercadotecnia y Venta

Organismo Internacional de Energía Atómica

Vienna International Centre, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria

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

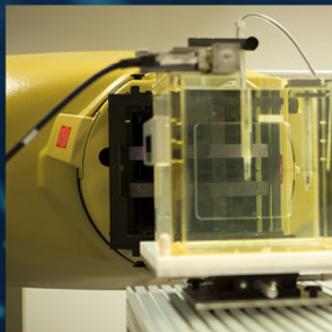
UNA PELÍCULA PARA CONMEMORAR EL 60º ANIVERSARIO DEL OIEA

# ESTO ES EL OIEA

Y 8 PELÍCULAS MÁS SOBRE LA LABOR DEL ORGANISMO



Seguridad física  
nuclear



Seguridad tecnológica  
nuclear



Energía



Salud



Fitomejoramiento



Control de plagas



Agua



Protección del  
medio marino



**IAEA**

Organismo Internacional de Energía Atómica

*Átomos para la paz*

SI DESEA UNA COPIA DE LAS PELÍCULAS DEL OIEA,  
SÍRVASE PONERSE EN CONTACTO CON:  
[MULTIMEDIA@IAEA.ORG](mailto:MULTIMEDIA@IAEA.ORG)

# Simposio Internacional FAO-OIEA sobre Mejora por Inducción de Mutaciones de las Plantas y Biotecnología

27 a 31 de agosto de 2018  
Viena (Austria)

Organizado por el



IAEA

Joint FAO/IAEA Programme  
Nuclear Techniques in Food and Agriculture