



IAEA BULLETIN

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA

La publicación emblemática del OIEA | Marzo de 2017

En línea en
www.iaea.org/bulletin



Tecnología de la radiación la revolución industrial entre bastidores

China inaugura la primera planta de aguas residuales que emplea radiación **pág. 8**

El Canadá busca envases alimentarios mejores y más ecológicos a partir de nanofibras irradiadas **pág. 10**

La cultura y la tecnología nuclear confluyen en el Brasil **pág. 16**



60 años

IAEA

Átomos para la paz y el desarrollo

También contiene:
Noticias del OIEA



EL BOLETÍN DEL OIEA

es elaborado por la
Oficina de Información
al Público y Comunicación (OPIC)
Organismo Internacional de Energía Atómica
PO Box 100, 1400 Viena, Austria
Teléfono: (43-1) 2600-21270
Fax: (43-1) 2600-29610
iaebulletin@iaea.org

Editor: Miklos Gaspar
Directora editorial: Nicole Jawerth
Diseño y producción: Ritu Kenn

El BOLETÍN DEL OIEA está disponible en línea en
www.iaea.org/bulletin

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

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

Portada: OIEA

Síguenos en:



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

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

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

Las normas de seguridad del OIEA proporcionan un sistema de principios fundamentales de seguridad y reflejan un consenso internacional sobre lo que constituye un alto grado de seguridad para proteger a las personas y el medio ambiente contra los efectos nocivos de la radiación ionizante. Estas normas se han elaborado para todos los tipos de instalaciones y actividades nucleares destinadas a fines pacíficos, comprendida la clausura.

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

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

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

La tecnología de la radiación para un futuro más próspero y sostenible

Yukiya Amano, Director General del OIEA

La ciencia y la tecnología nucleares pueden contribuir en gran medida al desarrollo industrial y al crecimiento económico. Entre sus muchas ventajas figuran materiales mejorados, procesos industriales más eficaces y un medio ambiente más limpio, lo que contribuye al logro de varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, como el Objetivo 9, destinado a promover la industria, la innovación y la infraestructura. El OIEA ayuda a sus 168 Estados Miembros a mejorar sus capacidades en el uso de la ciencia y la tecnología de la radiación a fin de mejorar la calidad de vida de la población.

La tecnología de la radiación ofrece instrumentos versátiles que ejercen una función importante en apoyo del desarrollo sostenible. Suele ser más eficaz en función de los costos y más respetuosa con el medio ambiente que las alternativas tradicionales, ya que precisa menos energía y genera menos desechos. Son aspectos importantes para todos los países, pero en especial para los que tienen recursos limitados.

En la presente edición del *Boletín del OIEA* se destacan algunas de las maneras en que la ciencia y la tecnología de la radiación se están utilizando con eficacia en todo el mundo. Podrán leer sobre China, uno de los principales productores textiles del mundo, que está utilizando la tecnología de la radiación para limpiar aguas residuales del teñido de tejidos con objeto de posibilitar su reutilización inocua (página 8) y sobre el uso que le está dando el Brasil para luchar contra plagas de insectos invasivos a fin de proteger el patrimonio cultural nacional (página 16).

Empresas de todo el mundo emplean técnicas nucleares para controlar la calidad de los productos, los procesos y las estructuras, impulsando así la producción e incrementando la seguridad. En Chile, estos instrumentos contribuyen a que el sector de la minería siga siendo competitivo (página 14). En Marruecos, los especialistas usan la radiación para detectar y corregir fallos e inconsistencias en los productos y los

procesos de producción (página 12), mientras que en Myanmar, las técnicas nucleares permiten incrementar la eficiencia del sector del petróleo y el gas, los astilleros, los ferrocarriles e incluso los parques de atracciones (página 6).

Numerosos científicos y expertos colaboran mediante las actividades coordinadas de investigación y en las reuniones científicas del OIEA para continuar mejorando las tecnologías de la radiación y ampliar su uso. Esta labor científica genera soluciones innovadoras para responder a los desafíos mundiales. Un buen ejemplo es el desarrollo de nuevos materiales de embalaje biodegradables y “activos” para luchar contra la contaminación que generan los plásticos (página 10). Los centros colaboradores del OIEA desempeñan un papel fundamental al trasladar esas soluciones de los laboratorios a la industria y a la vida cotidiana (página 20). Como resultado de la labor del OIEA, muchos científicos obtienen la experiencia que necesitan para transformarse en fuente de conocimientos especializados y brindar orientación a otros países sobre cómo aplicar los instrumentos de radiación (página 18).

La ciencia y la tecnología son esenciales para el desarrollo. Para que los países aprovechen plenamente los posibles beneficios de la tecnología nuclear, es esencial que cuenten con un marco sólido de seguridad radiológica, tanto tecnológica como física. El OIEA está decidido a ayudar a los países en la capacitación y certificación de sus profesionales, y en el establecimiento de los sistemas necesarios de seguridad tecnológica y física con objeto de velar por que esas tecnologías innovadoras sigan redundando en beneficio de la humanidad.



(Fotografía: R. Murphy/OIEA)



(Fotografía: C. Brady/OIEA)



(Fotografía: C. Brady/OIEA)

Prefacio



1 La tecnología de la radiación para un futuro más próspero y sostenible

Ciencia y tecnología de la radiación



4 Pinceladas sobre la ciencia y la tecnología de la radiación



6 Myanmar utiliza técnicas nucleares para mejorar los procesos industriales



8 China inaugura la primera planta de aguas residuales que emplea radiación



10 El Canadá busca envases alimentarios mejores y más ecológicos a partir de nanofibras irradiadas



12 Mejora de la calidad y ahorro de costos: Marruecos fortalece su industria con tecnología de las radiaciones



14 Chile lidera la carrera por los minerales escasos gracias a la tecnología de la radiación



16 La cultura y la tecnología nuclear confluyen en el Brasil



18 Creación de materiales más inocuos y limpios mediante tratamiento nuclear

Preguntas y respuestas

20 Imprimir dinamismo a la ciencia de la radiación mediante la colaboración

Desde el OIEA

22 Tecnología de la radiación para el desarrollo: ¿Qué ayuda presta el OIEA?

— Meera Venkatesh

Noticias del OIEA

24 *Sinopsis del OIEA*: nueva colección para los encargados de la formulación de políticas

24 Un nuevo método permite avanzar en la investigación sobre el control de los mosquitos mediante el uso de técnicas nucleares

25 Los píxeles al rescate de antiguas investigaciones de física de Armenia

26 Una tecnología alternativa que podría aumentar la producción de Mo 99

27 Publicaciones del OIEA

Pinceladas sobre la ciencia y la tecnología de la radiación

Nicole Jawerth



Con ayuda de la tecnología de la radiación se pueden conseguir cables y alambres más robustos y más resistentes a productos químicos agresivos y a temperaturas extremas, como las de un incendio.

(Fotografía: L. Potterton/OIEA)

Teléfonos inteligentes, neumáticos de automóvil y vendas: estos son tan solo algunos de los productos cotidianos que se fabrican de una manera más segura, fiable o eficaz gracias a la tecnología de la radiación. Aparte de ese tipo de productos, esta tecnología constituye también una herramienta para llevar a cabo controles de seguridad, eliminar contaminantes de las aguas y la atmósfera, e incluso mejorar la producción y conservación de alimentos, entre otras cosas. Gracias a los avances en la investigación e innovación en el ámbito de la ciencia de la radiación, sigue creciendo el impacto de esta tecnología en la vida diaria y el desarrollo sostenible en todo el mundo.

“Piense en los agricultores de la India, que cosechan cantidades ingentes de hortalizas gracias a fertilizantes producidos con lodo de aguas residuales irradiado. O también puede admirar en el Brasil miles de obras de arte y reliquias culturales de gran belleza, a salvo de los insectos y el moho mediante la radiación”, declara Joao Osso, Jefe de la Sección de Productos Radioisotópicos y Tecnología de la Radiación del OIEA. “Los posibles beneficios de la radiación son inmensos.”

Los científicos llevan decenios estudiando la radiación (véase el recuadro “Base científica”) y sus efectos químicos. Los estudios realizados han tenido como resultado una amplia gama de instrumentos y métodos que aprovechan esos efectos y los aplican en gran diversidad de ámbitos, desde la agricultura y la industria hasta la seguridad tecnológica y física, pasando por la protección ambiental. En comparación con muchos de los métodos convencionales, las técnicas que incorporan la radiación son a menudo más rápidas, rentables e inocuas para el medio ambiente.

Los ensayos no destructivos (END), por ejemplo, son un método de control de calidad utilizado por la industria para detectar fugas, fisuras y otras inconsistencias estructurales en productos, estructuras de edificios y maquinaria. Funcionan haciendo penetrar radiación, como por ejemplo rayos X, a través del material en cuestión de manera que pueda ser detectada mediante dispositivos especializados, que generan imágenes de lo que ocurre en el interior del material. En las páginas 6 y 12 figura más información al respecto.

Los radiotrazadores pertenecen a otro tipo de instrumentos que suelen utilizarse para mejorar la productividad en sectores como el procesamiento de minerales y la extracción de metales. Los especialistas inyectan radioisótopos clave en un fluido o una mezcla que contiene una sustancia, en cuyas moléculas se quedan enganchados los átomos inyectados. Mediante el uso de aparatos de escaneo especiales, los técnicos pueden rastrear los radioisótopos para realizar mediciones y comprender las diferentes características de la sustancia y su manera de desplazarse dentro de un sistema. En la página 14 se puede leer más información al respecto.

Nuevos materiales para un futuro más sostenible

Mediante la investigación en la ciencia de la radiación también se han conseguido nuevas maneras de reestructurar y vincular moléculas para crear nuevos materiales, muchos de los cuales son más sostenibles, eficaces e inocuos para el medio ambiente. Estos nuevos materiales se obtienen a partir de compuestos y polímeros orgánicos irradiados, tales como proteínas lácteas, materiales residuales de las plantas o celulosa procedente de fuentes naturales, como árboles o caparzones de crustáceos. En algunos casos, esos compuestos se combinan con fibras de otras fuentes naturales, como la madera, para incrementar su durabilidad. Como resultado, se



La tecnología de la radiación permite inspeccionar los componentes internos de un proceso o equipo sin interrumpir la producción.

(Fotografía: A. Rachad/CNESTEN)

ha conseguido, entre otras cosas, crear nuevos materiales de construcción, geles mejorados para la cicatrización de heridas y material de empaquetado de alimentos respetuoso con el medio ambiente. Encontrará más información al respecto en las páginas 10 y 18.

Usando los mismos instrumentos radiológicos, aunque a niveles energéticos diferentes, los científicos pueden modificar el comportamiento de las células y moléculas para el tratamiento de infestaciones o contaminantes no deseados. Mediante dosis a unos niveles determinados, la radiación

puede modificar componentes clave en el interior de las células con objeto de inhibir su reproducción o descomponer moléculas para tratarlas más fácilmente. Encontrará más información al respecto en las páginas 8 y 16.

“Las tecnologías de la radiación pueden contribuir a mitigar los retos emergentes para el medio ambiente y nos ayudan a velar por un futuro sostenible, especialmente en los países de ingresos medianos y bajos”, declara el Sr. Osso. “A medida que estos instrumentos se desarrollen y evolucionen, también dispondremos de nuevas posibilidades para utilizarlos.”

BASE CIENTÍFICA

¿Qué es la radiación?

La radiación es una forma de energía, igual que el calor y la luz emitidos por el sol. Existen dos tipos de radiación: la radiación ionizante y la radiación no ionizante. Al hablar de radiación, por regla general nos referimos a la radiación ionizante.

La radiación ionizante proviene de los átomos inestables que se encuentran en proceso de transformación en átomos estables: este proceso se denomina radiactividad. También puede provenir de la aceleración de partículas provocada por un campo electromagnético. Hay diferentes tipos de radiación ionizante: las partículas alfa, las partículas beta y los rayos gamma, así como partículas y ondas aceleradas, denominadas electrones, protones y rayos X. También existen partículas subatómicas, como los neutrones o los iones, que sirven de fuente para las aplicaciones radiológicas.

Los científicos pueden utilizar la radiación ionizante, en combinación con instrumentos especiales, para determinar las diferentes características de una sustancia o, si se aplica una dosis lo bastante elevada, para modificar dicha sustancia. Por ejemplo, con una cámara especial se detecta la radiación que atraviesa un objeto y, como resultado, se obtiene una imagen que permite hacerse una idea de lo que ocurre en el interior de ese objeto.

Myanmar utiliza técnicas nucleares para mejorar los procesos industriales

Miklos Gaspar



Una investigadora del Departamento de Energía Atómica de Myanmar comprueba el equipo que se utilizará para ensayos no destructivos en la refinería petrolera del país.

(Fotografía: M. Gaspar/OIEA)

Los expertos están comenzando a utilizar la tecnología nuclear para los ensayos industriales en Myanmar, después de aplicar con éxito esta técnica en el sector petrolero y gasístico.

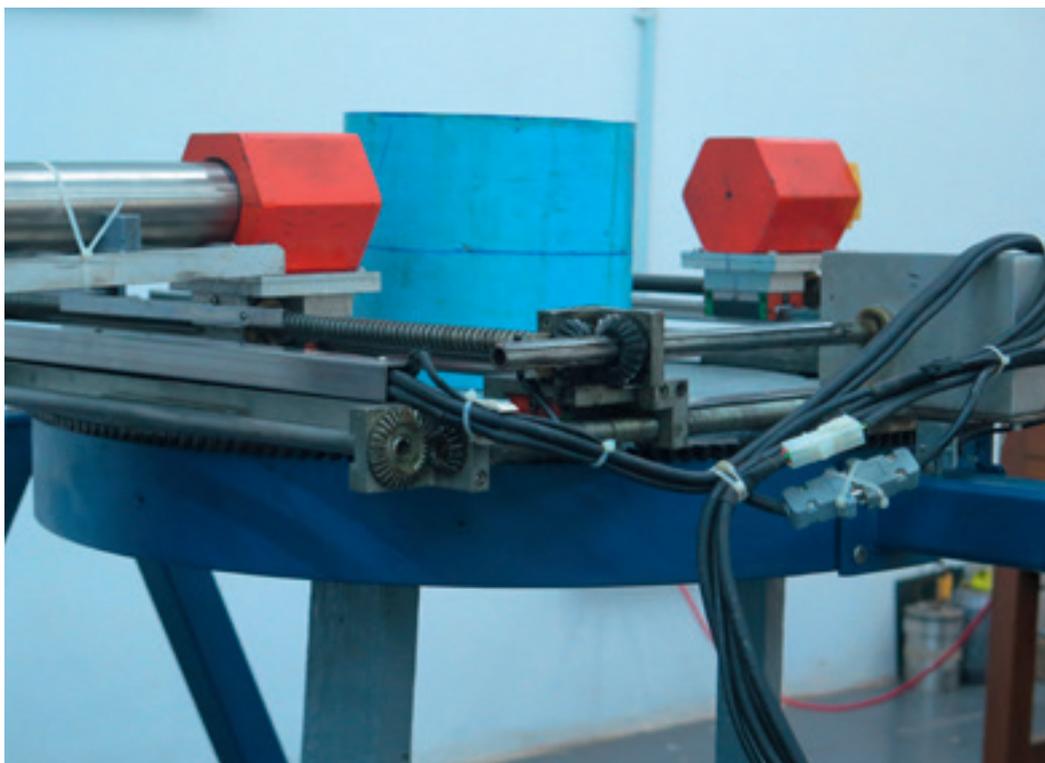
En los ensayos no destructivos (END) mediante técnicas nucleares se emplea radiación ionizante para comprobar la calidad de los materiales y los productos (véase el recuadro “Base científica”). La técnica utilizada en Myanmar se denomina tomografía de procesos gamma y se basa en la absorción diferencial en distintos materiales de los rayos gamma emitidos por una fuente radiactiva. Desde 2013, el OIEA ha prestado ayuda al Departamento de Energía Atómica de Myanmar para adquirir el equipo necesario y dotar al personal de conocimientos especializados en el uso de esta técnica. Los expertos del Departamento de Energía Atómica llevan a cabo periódicamente END en la refinería de petróleo de Thanlyin, próxima a Yangon, para inspeccionar la calidad de las tuberías y de los productos que circulan por ellas.

“La ciencia y la tecnología nucleares desempeñan un papel importante para que los procesos industriales sean innovadores y eficaces”, señala Meera Venkatesh, Directora de la División

de Ciencias Físicas y Químicas en el OIEA. “Myanmar es un gran ejemplo de cómo los países de ingresos bajos también pueden sacar partido de esta tecnología.”

Entre los productos cuya calidad se inspecciona en todo el mundo usando esta técnica se encuentran oleoductos, calderas, vasijas de presión, edificios, equipo aeronáutico y embarcaciones, y el Departamento de Energía Atómica de Myanmar está adoptando medidas para ampliar su utilización, señala Ingyin Phyu, investigadora responsable del laboratorio de END del Departamento. “Las inspecciones mediante END, incluidas las que se llevan a cabo con aplicaciones nucleares, son fundamentales para controlar la calidad en diversos ámbitos industriales de Myanmar”, afirma.

Recientemente, se ha impartido capacitación a personal de perfil técnico de la Compañía de Ferrocarriles de Myanmar, los Astilleros de Myanmar, la Universidad Tecnológica de Yangon y distintas empresas privadas, que ya ha empezado a aplicarla en una amplia gama de actividades, por ejemplo en obras, astilleros, locomotoras y en el mayor parque de atracciones del país.



Este dispositivo de END emite radiación procedente de la fuente radiactiva (izquierda). Las partículas radiactivas reaccionan a la sustancia que se encuentra en la tubería azul claro del centro. El detector situado al otro lado de la tubería mide la radiación. Esta medición proporciona información sobre la calidad y la cantidad de material que atraviesa la tubería.

(Fotografía: M. Gaspar/OIEA)

“La utilización de los END está impulsando notablemente el sector de la construcción y la reparación de buques”, afirma U Myint Zaw, Responsable General Adjunto e inspector superior de END en los Astilleros de Myanmar. “Es fundamental para mejorar nuestros procesos y productos industriales, y recurrimos ampliamente a esos ensayos con fines de control de calidad.”

En 2017, el OIEA elaboró un nuevo proyecto para emplear END en apoyo de actividades de preparación y recuperación de infraestructuras civiles tras catástrofes naturales para países de Asia y el Pacífico. Este proyecto se basa en la experiencia adquirida después del devastador terremoto ocurrido en Nepal en abril de 2015; en aquella ocasión, se utilizaron END para comprobar la integridad de edificios clave como hospitales, escuelas y atracciones históricas.

BASE CIENTÍFICA

Ensayos no destructivos

En los ensayos industriales mediante la tecnología nuclear se emplea radiación ionizante, junto con otros métodos, para comprobar la calidad de los materiales sin causarles daños ni dejar residuos radiactivos. Esta técnica se conoce como ensayo no destructivo (END).

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

La radiografía industrial se emplea para inspeccionar, por ejemplo, el hormigón y gran variedad de soldaduras, como las de gasoductos y tuberías de agua, depósitos de almacenamiento y elementos estructurales, y permite detectar grietas o defectos que de otro modo pueden no ser visibles.

Otros métodos de END comúnmente utilizados incluyen:

- la radiografía por ultrasonido, que emplea vibraciones mecánicas similares a las ondas sonoras;
- la inspección con líquidos penetrantes, que permite localizar defectos en la superficie de materiales no porosos;
- la inspección por partículas magnéticas, gracias a la cual pueden detectarse discontinuidades superficiales y ligeramente subsuperficiales en materiales ferromagnéticos; y
- los ensayos por corrientes inducidas, que emplean la inducción electromagnética para detectar defectos en materiales conductores.

China inaugura la primera planta de aguas residuales que emplea radiación

Miklos Gaspar



Comparación de aguas residuales después de haber sido tratadas con tecnología de haces de electrones y con otros métodos.

(Fotografía: Instituto de Tecnología de la Energía Nuclear y de las Nuevas Energías, Universidad de Tsinghua)

China ha inaugurado la primera instalación del país que emplea haces de electrones para tratar las aguas residuales industriales. De este modo, el líder mundial de producción de textiles entra en una nueva era de tecnología de la radiación.

El teñido de textiles es responsable de una quinta parte de la contaminación de aguas residuales industriales en el mundo. Aunque varios países industrializados han recurrido a la radiación para tratar algunos de los efluentes procedentes de las plantas de teñido de textiles, la reubicación de buena parte de esta industria en países en desarrollo de Asia durante los últimos años ha supuesto que un porcentaje importante de estas aguas residuales no se someta a tratamiento.

“Pese a los avances de los últimos años en la tecnología convencional de tratamiento de aguas residuales, la radiación sigue siendo la única tecnología que puede tratar los colorantes más persistentes en las aguas residuales”, afirma Sunil Sabharwal, especialista en tratamiento por irradiación del OIEA. “El problema radica en que la tecnología existe en los países desarrollados, pero actualmente es necesaria sobre todo en el mundo en desarrollo.”

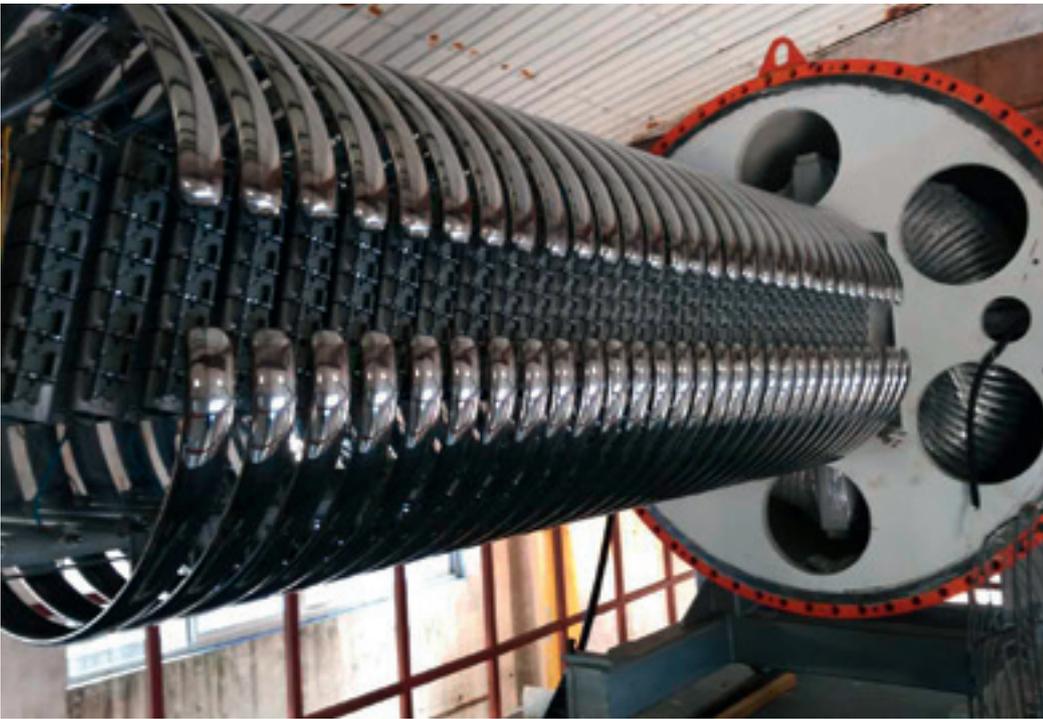
Para subsanar esta deficiencia en materia de conocimientos, el OIEA llevó a cabo un proyecto coordinado de investigación sobre esta tecnología, incluida su transferencia a varios países, principalmente en Asia. Por ejemplo, investigadores chinos se han beneficiado del asesoramiento de expertos de Hungría, la República de Corea y Polonia para adoptar la tecnología y

construir la planta, según Jianlong Wang, Director Adjunto del Instituto de Tecnología de la Energía Nuclear y de las Nuevas Energías de la Universidad de Tsinghua, en Beijing, e investigador principal del proyecto.

La nueva planta, situada en la ciudad de Jinhua, a 300 kilómetros al sur de Shanghái, utilizará la tecnología de la radiación (véase el recuadro “Base científica”) para tratar 1500 metros cúbicos de aguas residuales al día, lo que equivale aproximadamente a una sexta parte de su producción. “Si todo va como debiera, podremos desplegar esta tecnología en el resto de la planta y, en última instancia, en otras plantas del país”, afirma el Sr. Wang.

Antes de decantarse por la tecnología de la radiación mediante haces de electrones, los investigadores chinos habían llevado a cabo gran número de experimentos de viabilidad utilizando los efluentes de la planta, lo que les permitió comparar la tecnología de haces de electrones con otros métodos. “La tecnología de haces de electrones demostró claramente que no solo era la opción más ecológica, sino también la más eficaz”, explica el Sr. Wang.

Otros países con una importante industria textil, como Bangladesh, la India o Sri Lanka, también están estudiando la posibilidad de introducir esta tecnología con la asistencia del OIEA, afirma el Sr. Sabharwal. La India ya utiliza la irradiación con rayos gamma para tratar el lodo de aguas residuales a escala municipal, añade.



Utilización de la tecnología de haces de electrones para limpiar las aguas residuales industriales en una planta de teñido de textiles en la ciudad de Jinhua.

(Fotografía: Instituto de Tecnología de la Energía Nuclear y de las Nuevas Energías, Universidad de Tsinghua)

Asimismo, investigadores chinos están planteándose usar la tecnología de haces de electrones para tratar los residuos de plantas farmacéuticas que producen antibióticos. Actualmente, estos residuos se manipulan como desechos peligrosos, ya que contienen antibióticos y genes de resistencia a los antibióticos que no es posible destruir mediante tecnologías convencionales, como el compostaje o la oxidación. No

obstante, las investigaciones han puesto de manifiesto que la tecnología de haces de electrones puede descomponer eficazmente los genes de resistencia a los antibióticos y los antibióticos residuales, explica el Sr. Wang, a lo que añade que está previsto establecer una planta de demostración a escala industrial para finales de 2017.

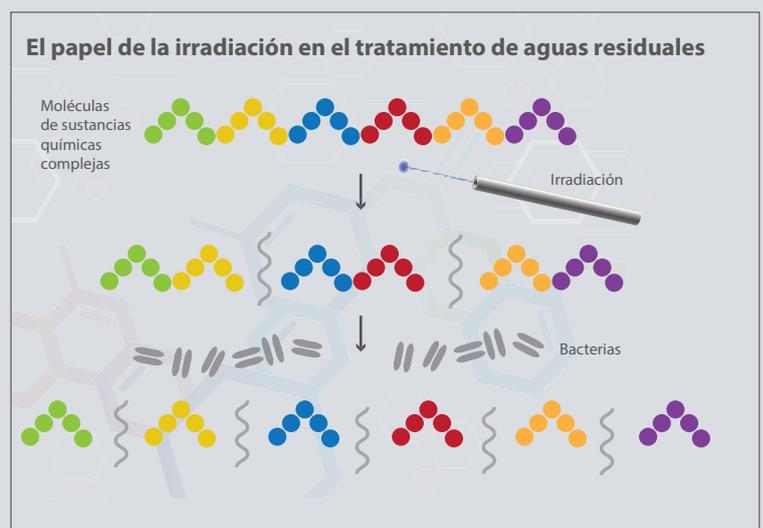
BASE CIENTÍFICA

Compuestos químicos demasiado largos para las bacterias

Las bacterias son el caballo de batalla del tratamiento de aguas residuales, ya que digieren y descomponen los contaminantes.

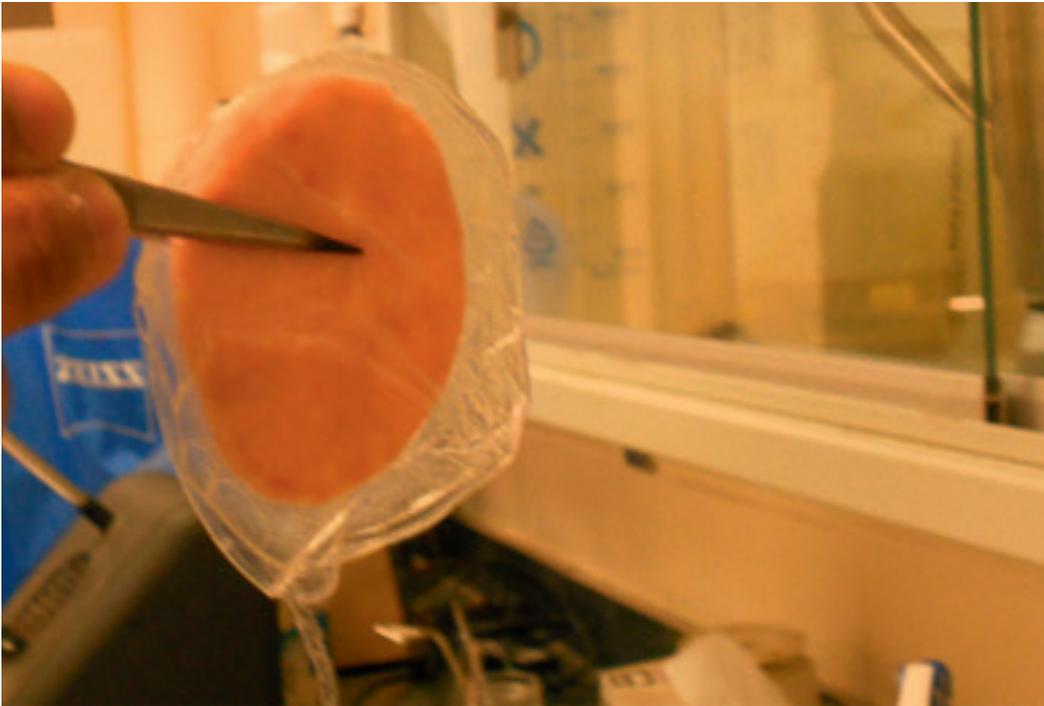
No obstante, las aguas residuales resultantes del teñido de textiles contienen moléculas que no pueden tratarse con bacterias. Los compuestos químicos que se emplean para pigmentar los tejidos tienen unas cadenas de moléculas grandes, largas y complejas. Las aguas residuales de ese sector pueden contener más de 70 sustancias químicas complejas que no se degradan fácilmente.

Al irradiar los efluentes mediante haces de electrones, los científicos pueden descomponer estas sustancias químicas complejas en moléculas más pequeñas que, posteriormente, pueden tratarse y suprimirse mediante procesos biológicos normales, como la descomposición a través de bacterias. La irradiación se lleva a cabo empleando radicales reactivos de período corto capaces de interactuar con una amplia gama de contaminantes y descomponerlos.



El Canadá busca envases alimentarios mejores y más ecológicos a partir de nanofibras irradiadas

Aabha Dixit



Envase activo para productos cárnicos precocinados, obtenido a partir de quitosano reticulado con contenido de nanocelulosa y sustancias antimicrobianas.

(Fotografía: A. Khan/CIC)

En todo el mundo los desechos procedentes de envases alimentarios contaminan los espacios públicos y dejan los sobrecargados vertederos en una situación límite. El Canadá, consciente del daño ambiental que provocan estos restos de envases y de las dificultades relacionadas con su reciclaje, está investigando envases alimentarios biodegradables y ecológicos desarrollados con la tecnología de la radiación.

“La pugna por desarrollar material de envasado biodegradable o envases alimentarios ‘activos’ respetuosos con el medio ambiente está cobrando intensidad”, afirma Monique Lacroix, Directora del Laboratorio de Investigación en Ciencias Aplicadas a la Alimentación (RESALA) e investigadora en el Centro de Irradiación del Canadá (CIC). “Los envases a partir de polímeros naturales pueden ayudar a resolver las dificultades que plantean los envoltorios no biodegradables de alimentos y a reducir una fuente importante de contaminación ambiental.”

Durante más de 15 años, los científicos del RESALA y el CIC han hecho uso de la capacitación recibida del OIEA para investigar y desarrollar materiales de envasado biodegradables y “activos”. Para ello, combinan materias primas renovables, como el almidón o las proteínas, con nanocelulosa, que es un polímero natural que contiene fibras de celulosa de dimensiones nanométricas, y luego las irradian (véase el recuadro “Base científica”). Esta combinación da

lugar a materiales con mejores propiedades de durabilidad, biodegradabilidad y resistencia al agua, en comparación con los materiales convencionales.

“Estos polímeros no son muy resistentes por naturaleza pero, al añadir nanocelulosa y someterlos a la radiación, se vuelven más fuertes y ofrecen una cobertura y protección más fiables y resistentes de los alimentos”, explica la Sra. Lacroix. “Luego, al añadir biomateriales concretos, como aceites esenciales de tomillo, el envase se considera “activo” porque ello ayuda activamente a ampliar el tiempo de conservación y asegura la inocuidad de los alimentos”.

Mayor dependencia del plástico

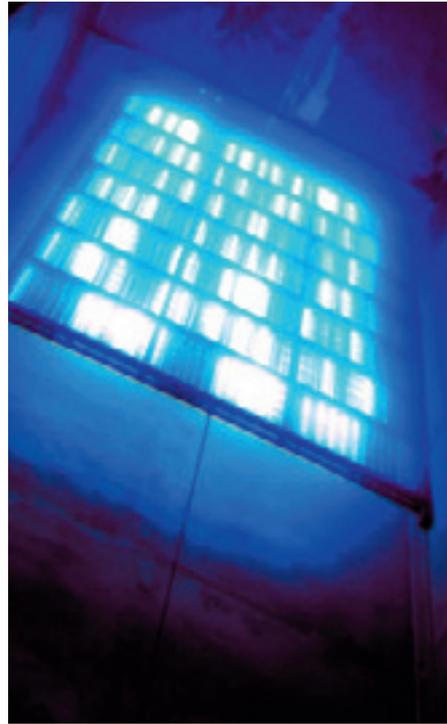
La producción de plástico ha aumentado enormemente en los últimos 50 años, pasando de 15 millones de toneladas en 1964 a 311 millones de toneladas en 2014. Los envases representan en torno a un 26 % del volumen total del plástico utilizado en todo el mundo, según un informe de 2016 del Foro Económico Mundial sobre el futuro del plástico. El informe prevé que la producción se duplique en los próximos 20 años, conforme aumenta la dependencia del plástico. En el Canadá, por ejemplo, se utilizan entre 9 mil y 15 mil millones de envases plásticos al año.

La mayor parte de los envases están hechos de materiales como cartón encerado y plastificado debido a su amplia disponibilidad, su precio relativamente bajo, y su durabilidad y solidez. No obstante, con frecuencia estos envases no son biodegradables, y reciclarlos suele ser poco práctico desde un punto de vista tecnológico y económicamente inviable, debido a que están manchados de restos de alimentos y sustancias biológicas.

Investigaciones mundiales sobre materiales más ecológicos

El tratamiento con radiaciones es una opción atractiva para la industria mundial de envases de alimentos. Para desarrollar sus capacidades y conocimientos en este ámbito, muchos investigadores recurren a los proyectos respaldados por el OIEA en los que colaboran con expertos, como los científicos del RESALA y el CIC, y aprenden de ellos. Entre otros, cabe citar un proyecto del OIEA que comenzó en 2013 y que ha reunido a científicos procedentes de 14 países (a saber, Argelia, Bangladesh, el Brasil, el Canadá, Egipto, los Estados Unidos de América, Filipinas, Italia, Malasia, Polonia, el Reino Unido, Rumania, Tailandia y Turquía), que actualmente intercambian ideas y afianzan sus competencias para desarrollar envases avanzados para alimentos haciendo uso de la tecnología de la radiación.

“Las investigaciones mundiales dan cada vez más prioridad a los envases ecológicos como respuesta a las nuevas normativas por las que los gobiernos obligan a las industrias a hacerse cargo del plástico que utilizan, por ejemplo mediante el pago por los residuos de sus envases plásticos”, afirma la Sra. Lacroix. “La irradiación de polímeros naturales para crear materiales nuevos es una manera prometedora de seguir mejorando la inocuidad de los productos y contribuir al objetivo ecológico de reducir los residuos procedentes del envasado de alimentos.”



Irradiadores gamma de cobalto 60 utilizados para tratar y esterilizar materiales que se emplearán en envases, entre otros productos.

(Fotografía: Nordion/Canadá)

BASE CIENTÍFICA

Irradiación de polímeros y nanocompuestos

Los científicos someten los polímeros naturales y los nanocompuestos a radiación gamma, rayos X o haces de electrones para crear materiales más estables, herméticos, biodegradables y reciclables. Entre estos polímeros naturales se encuentran las proteínas, como la soja, la zeína y la caseína, y los polisacáridos, como el quitosano, las algas y los extractos de patata. A continuación, se combinan con nanocelulosa, que es un polímero natural orgánico procedente de materia vegetal, como la madera, y que consta de fibrillas celulósicas a escala nanométrica. La nanocelulosa sirve de refuerzo y aumenta la resistencia de los materiales.

Por ejemplo, los científicos suelen utilizar un grupo de proteínas de la leche denominadas caseínas para crear estos materiales nuevos. Hay cuatro tipos de caseínas, que tienen moléculas distintas pero comparten una estructura y composición similares. Estas proteínas se disuelven en agua y luego se irradian con rayos gamma. La solución resultante se seca en una superficie hasta obtener una película sólida y que se tiene por sí sola, moldeable con fines de envasado. Esta película es más firme y resistente que el plástico ordinario y, tras añadir la nanocelulosa e irradiarla, adquiere mayor resistencia al agua, por lo que es especialmente eficaz para proteger los alimentos envasados de la humedad y las bacterias que pueden afectar su inocuidad.

Mejora de la calidad y ahorro de costos: Marruecos fortalece su industria con tecnología de las radiaciones

May Fawaz-Huber



Especialista del CNESTEN en una refinería de Marruecos aplica la gammagrafía al armazón de una columna de destilación de 75 metros sellado al vacío.

(Fotografía: R. Alami/CNESTEN)

Las grietas pequeñas, casi invisibles, han dejado de ser una costosa amenaza para los explotadores industriales de Marruecos que, equipados con tecnología de la radiación muy sensible y precisa, ahora descubren los defectos antes de que afecten la producción. Esto ha ayudado a mejorar la calidad de la producción y ahorrado millones de dólares en gastos de mantenimiento y reparación.

“Antes, los explotadores industriales mantenían las instalaciones en funcionamiento hasta que alguna avería inesperada los obligaba a ponerlas en régimen de parada durante larguísima períodos”, afirma Rachad Alami, Jefe de la División de Aplicaciones Industriales del Centro Nacional de Energía, Ciencias y Tecnologías Nucleares de Marruecos (CNESTEN). “Los gastos de mantenimiento y reparación eran muy elevados, lo que perjudicaba la competitividad. Actualmente, las técnicas nucleares se utilizan para detectar problemas y mejorar la calidad de la producción.”

Los explotadores industriales de Marruecos han colaborado con los especialistas del CNESTEN capacitados por el OIEA en el uso de los ensayos no destructivos (véase el recuadro “Base científica” en la página 7) para inspeccionar el equipo industrial y realizar pruebas de garantía de calidad. En Marruecos, estas técnicas, que representan más del 98 % de los controles técnicos llevados a cabo en instalaciones industriales de todo el mundo, se han aplicado a diversos

sectores industriales, como el petroquímico, el metalúrgico, el alimentario, el sector de la producción y transformación de fosfatos, el del transporte y el del cemento.

Según el Sr. Alami, en los últimos treinta años, la industria marroquí se ha beneficiado mucho de la tecnología de la radiación. Si bien es difícil conseguir datos exactos sobre el ahorro generado al aplicar la tecnología nuclear, los explotadores industriales de Marruecos coinciden en que el beneficio que se obtiene de usar las técnicas nucleares guarda una relación mínima de 32:1, es decir, por cada euro gastado en ensayos no destructivos (END), radiotrazadores y otras aplicaciones de la radiación, los explotadores obtuvieron ganancias de al menos 32 euros.

Utilización de la gammagrafía para restablecer las actividades en una refinería petroquímica

A menudo, los métodos convencionales no son lo bastante precisos o sensibles para llegar a la raíz de un problema. En 2015 los ingenieros de una refinería petroquímica emplearon técnicas convencionales para encontrar el motivo de un descenso de casi el 90 % de la capacidad de funcionamiento de una unidad de producción de furfural (disolvente utilizado en la fabricación de muchos productos industriales). No lograron encontrar la raíz del problema y decidieron que era necesario desmantelar toda la unidad, lo que interrumpiría la producción durante semanas.

Antes de proceder al desmantelamiento, probaron una técnica de radiación denominada gammagrafía (véase el recuadro “Base científica”) para hacerse una idea de lo que sucedía en el interior. En tan solo unas horas localizaron el problema, cambiaron la parte dañada de la unidad y lograron que volviera a funcionar a pleno rendimiento.

“La gammagrafía fue la única técnica capaz de detectar el problema y localizarlo con precisión”, afirma el Sr. Alami. “Resultó mucho más económico utilizar esta técnica, que cuesta 5000 euros, que sufrir las enormes pérdidas derivadas de desmantelar toda la unidad.”

Fomento de la tecnología de la radiación en Marruecos y el resto de África

En la actualidad, los especialistas de Marruecos se sirven de sus decenios de experiencia para prestar apoyo a países de África en la utilización de END, fuentes radiactivas selladas y radiotrazadores.

“Desde la década de 1990, Marruecos ha asumido el liderazgo en la aplicación de tecnologías de la radiación gracias al compromiso del CNESTEN y al apoyo de Francia y el OIEA”, afirma Patrick Brisset, especialista en tecnología industrial del OIEA.

El Acuerdo de Cooperación Regional en África para la Investigación, el Desarrollo y la Capacitación en materia de Ciencias y Tecnología Nucleares (AFRA), respaldado por el OIEA, es un aspecto fundamental de la colaboración de Marruecos en la región. El programa AFRA ha ayudado a establecer una cooperación directa entre Marruecos y países como Angola, el Camerún, Egipto, Etiopía, Ghana, el Senegal, el Sudán, Tanzania, Túnez y Zimbabwe. Fruto de ello, varios de estos países han podido aplicar técnicas nucleares y del ámbito nuclear en sus industrias locales.

“Sin duda, la industrialización está despegando en muchos países del continente africano. El OIEA trabaja con países como Marruecos para promover el uso pacífico de las tecnologías de la radiación en la industria a fin de lograr efectos inmediatos en la economía de los países”, asevera el Sr. Brisset.

El OIEA, en parte a través de su programa de cooperación técnica, sigue fomentando el empleo de esas tecnologías y respaldando la colaboración. Marruecos ha participado en proyectos industriales relacionados con la tecnología de la radiación en Egipto, Kenya, la República Democrática del Congo, el Sudán y Zimbabwe.

BASE CIENTÍFICA

Ensayo radiográfico y gammagrafía

El **ensayo radiográfico** es la técnica más importante de ensayo no destructivo (END) comercializada y se considera el método de referencia para todas las demás técnicas complementarias (para más información sobre el END, consulte la página 7). Se basa principalmente en los rayos gamma de fuentes radiactivas o en los rayos X de generadores de rayos X. A veces pueden utilizarse también rayos beta con materiales de poca densidad y grosor. Cuando se irradia un material, los especialistas pueden emplear un aparato especial que detecta la radiación y crea una imagen. Mientras mayor sea la densidad o grosor del material, menos radiación pasa, lo que se traduce en una imagen con menos negro. Los especialistas evalúan estas imágenes para determinar las distintas características del material.

La **gammagrafía** es una técnica utilizada para llevar a cabo la inspección interna de procesos o equipos sin interrumpir la producción. Un haz colimado de rayos penetrantes atraviesa la órbita electrónica de una vasija, es modificado por los componentes internos de la vasija y sale por el otro lado hasta llegar al detector. Al medir la intensidad de la radiación transmitida, se puede obtener valiosa información sobre la densidad de los materiales presentes en el interior de la vasija. Mientras mayor sea la densidad o el grosor del material, menos radiación pasa. Esto da origen a un método sencillo pero eficaz, denominado “perfil de análisis” del componente inspeccionado, que sirve para que los especialistas descubran defectos o incoherencias.

Chile lidera la carrera por los minerales escasos gracias a la tecnología de la radiación

Jeremy Li



Instalación de extracción minera en Chile para el procesamiento de cobre en bruto. Chile es el mayor productor de cobre del mundo.

(Fotografía: F. Díaz/Trazado Nuclear e Ingeniería Ltda.)

La competencia está al rojo vivo en la multimillonaria carrera mundial por hacerse con minerales y metales de alto grado, mientras se agrava la escasez de los recursos conocidos y no deja de crecer la demanda para usarlos en todo tipo de productos cotidianos, desde teléfonos móviles hasta cacerolas y sartenes. Para países como Chile, la tecnología de la radiación resulta fundamental para mantener su ventaja competitiva.

“La tecnología de la radiación ofrece unas ventajas difíciles de igualar frente a otras técnicas”, declara Francisco J. Díaz Vargas, socio fundador de Trazado Nuclear e Ingeniería, una organización chilena que ofrece asesoramiento a empresas mineras sobre procesos de extracción de minerales y metales. “Estos instrumentos se han convertido en parte fundamental de nuestra manera de desarrollar la industria más importante del país y de afianzar nuestra posición como exportador mundial”.

Gracias a la riqueza de Chile en reservas minerales, su pujante industria minera aporta alrededor de un 9 % al producto interno bruto (PIB) del país y realiza aproximadamente la mitad de las exportaciones de Chile. El país es el mayor productor mundial de cobre, un metal que se exporta para su uso en aleaciones, edificios y equipamiento eléctrico, entre otras cosas. Las minas chilenas son también una importante fuente de molibdeno, elemento químico que desempeña una función crítica en más del 80 % de los procedimientos de medicina nuclear.

Con el propósito de mantener la prosperidad de su industria nacional y de ayudar a satisfacer la creciente demanda de exportaciones, las empresas chilenas de extracción minera están colaborando con el OIEA en el empleo de

radiotrazadores y sondas nucleónicas (véase el recuadro “Base científica”) para optimizar sus procesos de producción y extracción con objeto de lograr una mayor eficiencia en la detección y medición de concentraciones de minerales y metales. La tecnología de la radiación, comparada con las técnicas tradicionales, resulta más eficaz para mejorar la calidad de los productos, optimizar los procesos y ahorrar energía, afirma el Sr. Díaz Vargas.

“En muchos casos, simplemente no resulta práctico utilizar técnicas de trazadores tradicionales, ya que conllevan el empleo de equipos de gran envergadura y demasiado voluminosos para desplazarlos y utilizarlos sobre el terreno. Los radiotrazadores son más portátiles”, explica el Sr. Díaz Vargas. “También son más exactos y rápidos que las técnicas tradicionales, lo que significa que nos ahorran tiempo y dinero porque tenemos una noción más exacta sobre las expectativas de extracción y procesamiento.”

El empleo de técnicas innovadoras como estas es esencial si se pretende seguir liderando un mercado mundial cada vez más competitivo y garantizar un suministro constante de metales y minerales, señala Patrick Dominique M. Brisset, especialista en tecnología industrial del OIEA.

Según la publicación *World Mineral Statistics* del Servicio Geológico Británico, cada año se extraen de las reservas naturales de la corteza terrestre y se procesan más de 2700 millones de toneladas métricas de metales y minerales. Estos minerales y metales se utilizan para una ingente cantidad de productos de todo tipo, desde maquinaria hasta dispositivos electrónicos, pasando por enseres domésticos y piezas de automoción. Solo para la fabricación de computadoras se

utilizan 60 tipos de metales diferentes en la producción de carcasas exteriores, circuitos impresos y chips.

A medida que aumenta la población mundial y que mejoran las condiciones de vida, la demanda de productos que contienen ese tipo de materiales también va en aumento. Sin embargo, el reto que plantea hallar minerales y metales fácilmente extraíbles, al que debe añadirse el prolongado proceso de la extracción (normalmente transcurren de 10 a 15 años desde que se descubre un depósito hasta que da comienzo la extracción), hace cada vez más difícil satisfacer una demanda en constante crecimiento.

“Satisfacer la demanda se está convirtiendo en algo tan sumamente complicado porque a nivel mundial se están agotando las fuentes de metales y minerales de alto grado, y son cada vez más difíciles de encontrar, así que los países se ven obligados a buscar nuevas maneras de mantener el ritmo”, dice el Sr. Brisset.

Gracias al apoyo del OIEA, los especialistas de todo el mundo están creando conocimientos y competencias respecto al uso de las técnicas nucleares en las industrias de la extracción, la metalurgia y el procesamiento de minerales. También están colaborando estrechamente con expertos de países como Chile, que a lo largo de los años han acumulado conocimientos especializados basados en unas prácticas e infraestructuras de extracción bien consolidadas.

“La industria está creciendo rápidamente. Si las técnicas de radiación se desarrollan y se aplican a gran escala, podríamos estar hablando de unos ahorros anuales que superarían los 19 000 millones de dólares de los EE.UU. en todo el planeta, procedentes de unos procesos de extracción y producción más eficientes y de una menor dependencia de la mano de obra”, declara el Sr. Brisset.

BASE CIENTÍFICA

Radiotrazadores y sondas nucleónicas

Los **radiotrazadores** son una familia de instrumentos analíticos que proporcionan datos para investigar y optimizar las diferentes etapas que componen las actividades de extracción y procesamiento de minerales. Utilizan como base unos isótopos radiactivos que se inyectan en una mezcla o fluido, se quedan enganchados en las moléculas de la sustancia objetivo, como un metal o mineral, y cuyo movimiento es similar al de las sustancias examinadas. A continuación, se utilizan dispositivos especiales, como los centelladores, para detectar la radiación emitida por los trazadores. También se usan herramientas de imagenología, como la tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT) o la tomografía por emisión de positrones (PET). Estos dispositivos generan imágenes que muestran la concentración de minerales y metales (cuanto más alta sea la concentración de una sustancia en una mezcla, más radiotrazadores aparecerán en la imagen). El método de radiotrazadores también puede utilizarse para determinar el movimiento en tiempo real del agua, el petróleo o los contaminantes bajo tierra, así como para cartografiar las vías de flujo en el interior de un sistema.

Los sistemas de medición y control nucleónico, conocidos comúnmente como **sondas nucleónicas**, utilizan dispositivos de detección especiales y fuentes de radiación para emitir radiación gamma o rayos X, con objeto de medir y controlar diversas variables de un producto o equipo determinado, tales como el grosor, la densidad y la composición.

El funcionamiento de una sonda nucleónica consiste en hacer que la radiación atraviese un material hasta alcanzar un dispositivo detector especial situado en el lado opuesto. El detector registra variaciones en las cantidades de radiación que atraviesan el material: si el material es más delgado, menos denso o tiene un nivel de concentración inferior, será atravesado por más radiación, y viceversa. Las variaciones detectadas de esta manera permiten determinar y medir características importantes de los materiales. En muchos casos, estas sondas funcionan sin entrar en contacto directo con los materiales y pueden atravesar muros o materiales opacos. Desempeñan un papel fundamental en la producción y el mantenimiento de materiales y estructuras, sin dañarlos ni dejar residuos radiactivos.

La cultura y la tecnología nuclear confluyen en el Brasil

Laura Gil



Los científicos se sirven de técnicas de radiación para tratar artefactos culturales, como este deteriorado libro, y ayudar a aumentar su durabilidad.

(Fotografía: Instituto de Estudos Brasileiros — IEB/USP)

Un equipo de conservadores de obras de arte y científicos nucleares puede parecer una quimera, pero en el Brasil estos especialistas han aunado esfuerzos para aprovechar la tecnología nuclear a fin de preservar más de 20 000 artefactos culturales.

“Mediante la fusión de estos dos mundos, estamos preservando nuestro legado y revelando detalles sobre nuestro pasado de una manera que jamás habíamos hecho antes”, afirma Pablo Vasquez, investigador y gerente de la instalación de irradiación gamma multipropósito del Instituto de Investigaciones Energéticas y Nucleares (IPEN) de São Paulo. “La tecnología de la radiación se ha convertido en un elemento esencial de nuestro proceso de conservación.”

El grupo multidisciplinar del IPEN colabora con el OIEA desde hace más de 15 años en el uso de técnicas de radiación para tratar, analizar y preservar una amplia gama de artefactos culturales, desde obras de arte hasta archivos de documentos públicos, pasando por parafernalia militar antigua (véase el recuadro “Base científica”). Entre ellos se pueden encontrar obras muy conocidas de artistas como Anatol Wladyslaw y Wassily Kandinsky, así como de pintores brasileños modernos, tales como Tarsila do Amaral, Anita Malfatti, Di Cavalcanti, Clóvis Graciano, Candido Portinari y Alfredo Volpi.

Del tratamiento de dispositivos médicos a la preservación del patrimonio cultural

El equipo reconvirtió la instalación de irradiación del IPEN, utilizada en sus orígenes para esterilizar dispositivos médicos, a fin de emplearla también para aplicar irradiación gamma a objetos históricos con objeto de desinfectarlos, combatir las

infestaciones causadas por hongos e insectos, y contribuir a aumentar la durabilidad de esos artefactos.

Esta técnica ayuda a proteger los artefactos contra los efectos de las condiciones climáticas del país, explica el Sr. Vasquez. “El problema del Brasil es el clima, la humedad y las catástrofes naturales. Tenemos una cantidad de hongos y termitas mayor que otros países, y ambos pueden ejercer efectos destructivos en libros, lienzos, obras de madera, mobiliario, esculturas y obras de arte moderno”.

Los rayos gamma son una manera de desinfectar objetos mucho menos invasiva que los métodos convencionales, explica Sunil Sabharwal, especialista en tratamiento por radiación del OIEA. “La utilización de rayos gamma es una alternativa más apropiada porque se realiza a temperatura ambiente y sin emplear sustancias adicionales, a diferencia de los métodos de descontaminación convencionales, que a menudo implican fuentes de calor o productos químicos que pueden modificar el material”, señala el Sr. Vasquez.

Revelar los misterios ocultos en los artefactos

Antes de tratar un pieza, el equipo la analiza mediante diversas técnicas nucleares y convencionales, por ejemplo radiografías, fluorescencia de rayos X y difracción de rayos X (véase el recuadro “Base científica”). Este proceso saca a la luz detalles que permanecían ocultos en las piezas, como el tipo de pigmentación o los metales usados por el artista, lo que ayuda al equipo a determinar el método de preservación más apropiado.

Los científicos utilizaron esas técnicas analíticas para examinar un lienzo prehispánico perteneciente a las

coleccionadas del Palacio del Gobierno del Estado de São Paulo. Realizaron mediciones que les sirvieron para determinar el tipo de pintura usada por el artista y que revelaron detalles sobre cómo se había restaurado anteriormente esa obra de arte. También descubrieron bocetos ocultos bajo la pintura original.

Un centro de conocimientos

Los decenios de experiencia acumulada por el equipo del IPEN lo han convertido hoy en día en una de las principales fuentes de conocimiento para muchos expertos de la región y de todo el mundo. En 2016, el personal del IPEN participó en el primer curso de capacitación para expertos latinoamericanos que se realizaba sobre la materia. Organizado por el OIEA, el curso congregó a conservadores, restauradores, museólogos, bibliotecarios, comisarios de arte y radiólogos de diez países de la región para presentarles información sobre las diferentes aplicaciones de las tecnologías de la radiación en el patrimonio cultural.

El IPEN tiene actualmente una larga lista de solicitudes de apoyo. Sus empleados trabajan con objetos de diferentes países y ofrecen periódicamente capacitación a científicos y expertos culturales extranjeros.

Un interesante proyecto en desarrollo, dice el Sr. Vasquez, está relacionado con la posibilidad de que les envíen tres momias del Ecuador afectadas por insectos y hongos para someterlas a tratamiento en el instituto. El OIEA respalda ese proyecto mediante la facilitación de conocimientos especializados y capacitación.



Muchos de los objetos del Museo Afro Brasil de São Paulo (Brasil) han sido tratados mediante irradiación gamma en el Instituto de Investigaciones Energéticas y Nucleares (IPEN).

(Fotografía: L. Potterton/OIEA)

“Me complace comprobar que los expertos y las organizaciones internacionales están concediendo cada vez más importancia a la preservación del patrimonio cultural, porque nuestro legado representa la identidad de nuestros pueblos”, declara el Sr. Vasquez. “Debemos seguir trabajando para protegerlo”.

BASE CIENTÍFICA

Irradiación gamma y difracción de rayos X (XRD)

La **radiación gamma**, también conocida como rayos gamma, es radiación electromagnética de frecuencia extremadamente alta. Se emite en forma de fotones de alta energía, unas partículas elementales con propiedades ondulatorias. El elemento químico cobalto 60 es una fuente de radiación gamma utilizada comúnmente.

Los rayos gamma son un tipo de radiación ionizante. A los niveles de dosis utilizados para la protección de artefactos culturales, este tipo de radiación ionizante inhibe la reproducción de microbios, a temperatura ambiente y sin necesidad de contacto físico. Las ondas electromagnéticas de alta energía y alta frecuencia interactúan con los componentes críticos de las células. Justo a esos niveles de dosis, son capaces de modificar el ADN de manera que se inhiba la reproducción celular.

Este proceso de inhibición de la reproducción celular ayuda a eliminar infestaciones indeseables de insectos y moho. A los niveles de dosis adecuados, también puede utilizarse para reforzar y consolidar las resinas empleadas por los especialistas para cubrir los materiales porosos de los artefactos con la finalidad de protegerlos y concederles una segunda vida.

La **difracción de rayos X** es una técnica no destructiva de alta sensibilidad que utiliza rayos X para desvelar información sobre los materiales cristalinos. Los materiales cristalinos son materiales sólidos, como el vidrio y el silicio, cuyos constituyentes están dispuestos de tal manera que forman una estructura microscópica perfectamente ordenada. Esta técnica resulta beneficiosa porque puede emplearse en muestras muy pequeñas de tipos muy diferentes de materiales cristalinos.

Los científicos exponen el material cristalino a rayos X y estos, al interactuar con los átomos de los cristales del material, se dispersan y producen un efecto de interferencia llamado patrón de difracción. Ese patrón puede ofrecer información sobre la estructura del cristal o sobre la identidad de una sustancia cristalina, lo que ayudará a los científicos a caracterizar y definir con exactitud la estructura cristalina del objeto en cuestión.

Creación de materiales más inocuos y limpios mediante tratamiento nuclear

Andrew Green



Este apósito tiene una lámina de hidrogel que favorece la cicatrización de la herida, y es más fácil y menos doloroso de retirar.

(Fotografía: S. Henriques/OIEA)

Desde filtros de agua y pantallas para lámparas hasta suelas de calzado y vendas: cada vez son más los productos de consumo que se fabrican actualmente con nuevos materiales producidos mediante técnicas nucleares.

“Los últimos adelantos en el tratamiento de determinados polímeros están aumentando la productividad y propiciando un alivio de la carga sobre el medio ambiente”, afirma Masao Tamada, Director General del Instituto de Investigación Avanzada sobre la Radiación de Takasaki en el Sector de Investigación sobre Ciencias Nucleares del Organismo de Energía Atómica del Japón y reconocido experto en la materia.

El OIEA ofrece una plataforma para la cooperación en esa esfera, al prestar apoyo a expertos experimentados como el Sr. Tamada para que capaciten a profesionales de otros países en la elaboración de esos materiales especializados de plástico y basados en geles.

El Sr. Tamada, al frente de un curso regional de capacitación del OIEA impartido en Malasia en agosto de 2016, enseñó métodos avanzados de injerto inducido por radiación para aplicaciones ambientales e industriales a participantes de Bangladesh, China, Filipinas, la India, Indonesia, Malasia, Myanmar, el Pakistán, la República de Corea, Sri Lanka, Tailandia y Viet Nam. En un taller anterior del OIEA, el Sr. Tamada preparó un protocolo sobre métodos especializados de injerto inducido por radiación, al que ahora se puede acceder en línea.

Nuevas aplicaciones médicas de los polímeros tratados por irradiación

Mediante el uso de radiación, como rayos gamma, rayos X, electrones acelerados o haces iónicos, es posible modificar o reforzar polímeros como los plásticos o los materiales basados en geles para crear formaciones de enlace nuevas y más resistentes (véase el recuadro “Base científica”). El refuerzo y la mejora de los polímeros con radiación es una técnica que se ha utilizado durante decenios para fabricar productos comerciales, como partes termorresistentes de motores de automóviles y tubos termorretráctiles, láminas de espuma y neumáticos.

Los últimos avances en el sector del tratamiento con radiaciones están dando lugar a usos más novedosos e innovadores de los polímeros irradiados, como láminas de hidrogel para uso médico, en el tratamiento de quemaduras y heridas, y para su uso en radioterapia, en el tratamiento del cáncer.

“Gracias a las láminas de hidrogel con una elevada concentración de agua, que se crean aplicando radiación para reticular los materiales, las heridas cicatrizan más rápido que si las láminas estuvieran secas”, explica el Sr. Tamada. “El uso de irradiación para reticular los polímeros es la única manera de producir esos hidrogeles elásticos que presentan una elevada concentración de agua”.

Los mismos geles claros y transparentes se pueden utilizar en radioterapia para ayudar a medir y mantener dosis inocuas y efectivas de radiación, ámbito que se conoce como dosimetría. Las láminas de hidrogel se pueden emplear para determinar simultáneamente los niveles de radiación y las zonas expuestas a esta, que pueden variar de un paciente a otro. Esta información resulta útil para preparar las sesiones de radioterapia, según indica el Sr. Tamada.

“Las láminas también se pueden retirar de manera menos dolorosa que las gasas convencionales y, al ser transparentes, los hidrogeles médicos permiten monitorizar continuamente el proceso de cicatrización”, afirma el Sr. Tamada.



Las vendas de hidrogel creadas aplicando radiación se pueden utilizar para el tratamiento de quemaduras y heridas.

(Fotografía: S. Henriques/OIEA)

BASE CIENTÍFICA

Reticulación de polímeros con radiación

Los materiales de plástico y basados en geles se forman a partir de cadenas de polímeros reticulados y esterilizados mediante rayos gamma o haces de electrones. Los polímeros se mezclan en agua, se introducen en moldes o tubos, se envasan, se precintan y, a continuación, se reticulan y esterilizan exponiéndolos a la radiación. Las técnicas de reticulación con radiación son mucho más seguras que las técnicas químicas y no generan impurezas porque no utilizan sustancias químicas. La radiación puede romper enlaces químicos y crear otros nuevos que modifiquen las propiedades químicas, físicas y biológicas de un material sin someterlo a procesamiento químico adicional y sin volverlo radiactivo. De esa forma se pueden rediseñar polímeros a nivel molecular para desempeñar una función específica.

En el caso de los hidrogeles, la reticulación da lugar a una conexión de los polímeros para formar un gel, que es denso, maleable y transparente. Los hidrogeles de apósitos para heridas contienen entre un 70 % y un 95 % de agua y son biocompatibles. No se adhieren a la herida, la mantienen hidratada para ayudar a la cicatrización, absorben sus supuraciones y son, además, fáciles de almacenar y utilizar.



El gel con polímeros reticulados de este apósito blanco para heridas contiene entre un 70 % y un 95 % de agua y es biocompatible.

(Fotografía: S. Henriques/OIEA)

Imprimir dinamismo a la ciencia de la radiación mediante la colaboración

Nicole Jawerth

Los distintos usos que tiene hoy la radiación son resultado de una cadena en la cual la labor de investigación y adquisición de conocimientos especializados de un científico se basa en el trabajo de otros y, a su vez, sirve de base para la labor de esos otros científicos, y el conjunto de esos resultados se traduce en aplicaciones innovadoras y prácticas que influyen en la vida cotidiana de las personas. Una de las formas en que los científicos se mantienen conectados hoy por hoy son los centros colaboradores del OIEA.

Para darnos una idea del trabajo de un centro colaborador del OIEA en materia de ciencia y tecnología de la radiación, Suresh Pillai, Director del Centro Nacional de Investigaciones con Haces de Electrones y profesor de microbiología y biología molecular en la Universidad de Texas A&M, respondió a varias preguntas del Boletín del OIEA sobre su centro y la designación de este como centro colaborador del OIEA. Explicó de qué manera contribuye el trabajo que realizan al uso de la tecnología de haces de electrones para aplicaciones de las esferas de la alimentación, la salud y el medio ambiente, y cómo funciona el centro en cuanto plataforma para investigadores procedentes de unos diez países. También habla sobre el futuro y acerca de algunas de las investigaciones innovadoras que se están llevando a cabo en el centro.



P: ¿Qué implica la designación como centro colaborador del OIEA?

R: Trabajamos en el desarrollo y la comercialización de tecnologías de haces de electrones desde hace 15 años. Nuestra labor no tiene ánimo de lucro, y nuestros servicios tendrían un valor comercial aproximado de entre 1 y 2 millones de dólares de los EE. UU. en actividades de haces de electrones cada año, tanto a escala comercial en cuanto modelo que la industria pueda adoptar, como con fines de investigación y desarrollo (I+D).

Para nosotros, ser un centro colaborador del OIEA es una forma de ir más allá de la mera publicación de investigaciones de alta calidad para conseguir que nuestro trabajo tenga ramificaciones mundiales. Mantenemos una estrecha relación con el OIEA y participamos en sus proyectos técnicos y sus proyectos coordinados de investigación, lo que nos ayuda a conectar nuestros conocimientos especializados con quienes podrían necesitarlos sobre el terreno. Esos proyectos también nos permiten establecer vínculos sólidos con otros científicos de todo el mundo, lo que nos resulta útil para situarnos en la vanguardia de lo que está sucediendo en este ámbito y para tener una visión general de hacia dónde nos dirigimos.

P: ¿Qué actividades lleva a cabo su instituto en calidad de centro colaborador?

R: Nuestro mandato es amplio. El trabajo que realizamos se centra principalmente en tres esferas: sensibilizar para incrementar el conocimiento y la utilización de la tecnología de haces de electrones; proporcionar orientación y conocimientos especializados a países, empresas, entidades y particulares para ayudarlos a adoptar y comercializar esta tecnología; y seguir traspasando los límites conocidos en la investigación para añadir valor a los productos y a la vida de las personas.

Para ello acogemos a científicos visitantes patrocinados por el OIEA, viajamos a otros países participantes en proyectos del OIEA para proporcionar conocimientos especializados y organizamos talleres a los que asisten expertos patrocinados por el OIEA, como nuestro taller práctico anual sobre tecnología de haces de electrones, el único sobre la materia, en el que los científicos trabajan con la tecnología propiamente dicha y aprenden a utilizarla.

Uno de los proyectos en los que hemos estado trabajando surgió de un proyecto de cooperación técnica del OIEA para América Latina. Colaboramos con un pequeño grupo industrial de México que construyó la primera instalación comercial de haces de electrones en Tijuana, que acaba de abrir en febrero de 2017. En un período de dos a tres años, los formamos en todos los matices de la tecnología, en todos los aspectos: desde capacitar a las personas hasta crear un negocio sostenible, y los ayudamos a establecer colaboraciones con otros institutos locales. En este proyecto, el OIEA contribuyó orientando a los funcionarios y facilitando las conexiones entre expertos de toda América Latina y en México.

P: ¿Qué son los haces de electrones y cómo los utiliza su instituto?

R: Los haces de electrones son corrientes de electrones de alta carga energética que se producen con equipo especializado, como aceleradores lineales. Utilizamos los haces de electrones para realizar investigaciones que puedan emplearse para limpiar, sanar, alimentar y dar forma al mundo y lo que se encuentra fuera de sus límites.

En cuanto a la limpieza, los usamos para investigaciones sobre rehabilitación ambiental, ya sea para el tratamiento de aguas residuales, el tratamiento de agua potable o la reutilización del agua. En relación con los tratamientos médicos, realizamos investigaciones para formular vacunas avanzadas y esterilizar dispositivos médicos y fármacos avanzados. Con respecto a la alimentación, los utilizamos en investigaciones para aumentar la calidad y la inocuidad de los alimentos, y para reforzar la seguridad alimentaria, incluida la protección de los alimentos cuando esta tecnología se usa para descontaminar alimentos contaminados intencionadamente. Por lo que se refiere a “dar forma”, llevamos a cabo investigaciones sobre la utilización de los haces para crear materiales avanzados, que comprenden desde polímeros tradicionales hasta nanomateriales y nanocompuestos muy avanzados. Esta labor también abarca el desarrollo de aplicaciones comerciales y actividades de I+D avanzadas, por ejemplo en el espacio, por conducto de nuestra estrecha colaboración con la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) en aplicaciones avanzadas de la tecnología de haces de electrones para misiones espaciales tripuladas y no tripuladas.

P: ¿Qué ventajas tiene utilizar haces de electrones respecto a otros métodos?

R: Los haces de electrones son uno de los métodos más baratos y orgánicos para crear radicales libres. Con ellos no necesitamos recurrir a sustancias químicas ni aplicar calor para modificar los materiales, como en otros métodos, y tienen una huella de carbono mucho menor. Además, otras tecnologías de radiación ionizante no tienen la misma característica de activación y desactivación sencillas.

Puesto que no dependen de una fuente radiactiva y se pueden activar y desactivar, los haces de electrones nos permiten seguir desarrollando aplicaciones basadas en la radiación sin temor a ningún tipo de proliferación nuclear, robo o exposición nuclear. Esta circunstancia es muy importante en el mundo preocupado por la seguridad en el que vivimos.

P: ¿Cuál es el proyecto actual más llamativo de su instituto?

R: Hay dos esferas que me interesan mucho. Una es el desarrollo de vacunas para la salud humana y animal. Todas las investigaciones que estamos llevando a cabo sobre enfermedades infecciosas nos indican que solo estamos aprovechando una pequeña parte de la capacidad potencial para desarrollar vacunas de alto valor con esta tecnología. Ahora sabemos que podemos crear vacunas de alto valor y muy potentes para distintas enfermedades infecciosas que afectan a los seres humanos y los animales, algo muy emocionante para nosotros.

La otra esfera es la rehabilitación ambiental. Ya se trate de contaminantes químicos en aguas subterráneas o de desechos municipales, sabemos que, en comparación con otras tecnologías que existen actualmente, la tecnología de haces de electrones será un agente de cambio. Los agentes de cambio llevan aparejado gran número de desafíos, pero es sabido que son capaces de revolucionar toda la industria. Nuestra forma de entender los desechos implicaría dejar de utilizar nombres como “planta de tratamiento de aguas residuales” y usar algo del estilo de “instalación de recuperación de recursos”, eliminando la connotación de desecho y, en cambio, considerando que cada gota de agua que sale de una casa o de una fábrica se puede aprovechar para producir energía y otros recursos.

Tecnología de la radiación para el desarrollo: ¿Qué ayuda presta el OIEA?

Meera Venkatesh, Directora de la División de Ciencias Físicas y Químicas, OIEA

La radiación, usada con sensatez y con las medidas de seguridad adecuadas, puede hacer maravillas en nuestra vida y en el medio ambiente, convirtiendo el mundo en que vivimos en un lugar más saludable y más seguro física y tecnológicamente. Si echa un vistazo a su alrededor, comprobará que la radiación también está presente en su vida de diversas maneras, desde la energía procedente de la luz solar hasta la higiene de la comida que tiene en su plato. Aquí, en el OIEA, colaboramos con países de todo el mundo para ayudar a propagar el uso pacífico de la tecnología de la radiación en beneficio de todos.

Hay muchos instrumentos y enfoques diferentes de los que puede servirse un país para lograr sus objetivos y superar sus retos en materia de desarrollo, y la tecnología de la radiación es, cada vez más, parte de la solución. De hecho, se trata de una opción reconocida como una de las más rentables e inocuas para el medio ambiente. Sus muchas aplicaciones la hacen especialmente adecuada para realizar las diversas tareas que serán necesarias para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas y el amplio conjunto de metas conexas, que abarcan desde la salud y el medio ambiente hasta la industria y las infraestructuras.

La radiación se puede usar para descomponer células vivas con el fin de tratar enfermedades como el cáncer, combatir agentes patógenos nocivos en los alimentos y esterilizar instrumental quirúrgico y material sanitario. La radiación nos brinda la posibilidad de destruir sustancias contaminantes presentes en el agua, el aire o el suelo antes de que lleguen a contaminar el medio ambiente. Otros materiales de desecho,

como el bagazo (un residuo fibroso generado por la industria azucarera) o los caparazones de alimentos de origen marino, como los camarones, pueden ser tratados mediante tecnología de la radiación para transformarlos en materiales biodegradables y más inocuos para el medio ambiente, por ejemplo, embalajes de alimentos o nutrientes de alta calidad para la industria agropecuaria.

La radiación también sirve para unir y combinar moléculas con objeto de conseguir cables y alambres más resistentes y sostenibles, así como para crear materiales y revestimientos de alto rendimiento que podamos utilizar en nuestros hogares y automóviles, y en industrias de todo el planeta.

Podemos incluso servirnos de la radiación para “ver” las entrañas “invisibles” de edificios y maquinaria y asegurarnos de que sean estructuralmente seguros, sobre todo tras una catástrofe natural. Cada vez que se encuentre en un aeropuerto, piense que estará presenciando un ejemplo de tecnología de la radiación en acción cuando los agentes inspeccionen personas y equipajes para velar por la seguridad. Estos son tan solo algunos ejemplos que ponen de manifiesto la polivalencia en los usos de la tecnología de la radiación.

Para aprovechar las posibilidades que ofrecen la tecnología y la ciencia de la radiación, los países necesitan contar con profesionales altamente cualificados y con equipos adecuados. Con el apoyo del OIEA, muchos países pueden recibir los cursos de enseñanza y capacitación necesarios, la orientación especializada y el equipo que precisan para adoptar esta tecnología. Cientos de científicos de institutos y organizaciones, tanto de países desarrollados como en desarrollo, también trabajan conjuntamente en el marco de proyectos de investigación coordinados por el OIEA en los que se promueve la investigación científica.

Los resultados de esos proyectos se traducen a menudo en importantes aplicaciones prácticas, muchas de las cuales terminan también formando parte de la labor que realiza el OIEA a través de su programa de cooperación técnica, encaminada a transferir la tecnología nuclear allí donde sea necesario. Este amplio respaldo es importante para muchos países, en especial para los países de ingresos medianos y bajos con limitaciones de recursos.



(Fotografía: N. Jawerth/ OIEA)



(Fotografía: L. Potterton/OIEA)

Una plataforma para la investigación, la innovación y el progreso

Las múltiples aplicaciones de la tecnología de la radiación son el fruto de decenios dedicados a la investigación y el desarrollo en el ámbito de la ciencia de la radiación pero, como ocurre en cualquier área de la ciencia, ese trabajo no se realiza de forma aislada. La colaboración es un elemento fundamental para que los países intercambien ideas y saquen el máximo provecho de esta tecnología. Mediante reuniones, actividades y conferencias del OIEA, como la Conferencia Internacional sobre las Aplicaciones de la Ciencia y la Tecnología de la Radiación (ICARST), celebrada del 24 al 28 de abril de 2017, científicos, expertos y profesionales de la industria tienen la oportunidad de entrar en contacto y aprender de las experiencias de los demás. Estos contactos son un elemento clave para lograr avances en este ámbito, definir las mejores prácticas y buscar formas nuevas e innovadoras de aplicar estas poderosas herramientas.

Gracias, en parte, a estas sólidas alianzas entre el mundo académico y la industria, la investigación en materia de ciencia y tecnología de la radiación consigue salir de las cuatro paredes de los laboratorios e introducirse en factorías y empresas de todo el planeta. El OIEA ayuda a facilitar asociaciones estratégicas y público-privadas mediante iniciativas nacionales, regionales y mundiales. Cuando científicos y expertos forman equipo con especialistas de la

industria, la tecnología se puede ver reforzada y, en muchas ocasiones, terminar comercializándose. Resultado de todo lo anterior es que, hoy en día, los beneficios de la tecnología de la radiación llegan a personas de cualquier punto del planeta a través de productos que utilizamos de manera cotidiana.

Utilícese de manera segura

Si bien la tecnología de la radiación puede abrirnos muchas puertas a un futuro mejor, esas puertas solo se abrirán si utilizamos la tecnología de manera tecnológica y físicamente segura. La adopción de la tecnología de la radiación va estrechamente unida a la creación de un sistema de seguridad tecnológica y física. Muchos países se están esforzando, con el apoyo del OIEA, por establecer un sistema de reglamentos y políticas que refleje las normas de seguridad tecnológica y física acordadas en el plano internacional. También aprovechan el respaldo que les brinda el OIEA para desarrollar reglamentos de calidad apropiados y obtener la capacitación y certificación necesarias para su personal. En manos de unos especialistas bien capacitados, que trabajen de manera tecnológica y físicamente segura, las tecnologías de la radiación poseen un inmenso potencial para ayudar a mejorar la vida de las personas e impulsar la industrialización y el desarrollo de los países en todo el mundo.

Sinopsis del OIEA: nueva colección para los encargados de la formulación de políticas

El OIEA ha sumado a su colección de publicaciones un nuevo título, las *Sinopsis del OIEA*, con objeto de informar a los encargados de adoptar decisiones sobre cómo pueden aprovechar al máximo sus servicios para mejorar la capacidad y apoyar el desarrollo. Las *Sinopsis del OIEA*, que empezaron a publicarse en otoño de 2016, abarcan un amplio abanico de temas relacionados con las aplicaciones de la ciencia y la tecnología nucleares, además de ofrecer a los Estados Miembros del OIEA recomendaciones que deben tener en cuenta.

En ellas se tratan también cuestiones específicas de cada región. En la sinopsis titulada *Mejora de la atención de pacientes en África mediante imagenología médica segura* se insiste en la importancia de que haya físicos médicos bien cualificados en África que manejen equipos de imagenología médica de última generación como los escáneres de tomografía computarizada helicoidal multicorte.

En otra, titulada *Detección y tratamiento del cáncer cervicouterino mediante técnicas de diagnóstico por imagen y radioterapia*, se destaca el apoyo que presta el OIEA a los Estados Miembros de América Latina y el Caribe, y la manera en que la medicina nuclear y la radioterapia pueden ofrecer un diagnóstico rápido y un tratamiento eficaz de distintos tipos de cánceres, entre otros el cervicouterino. En

la sinopsis se detalla la asistencia que el OIEA proporciona a los Estados Miembros para mejorar los programas oncológicos nacionales de cáncer cervicouterino mediante capacitación, asistencia de expertos, becas y adquisición de equipo.

En la tercera sinopsis publicada por el OIEA, titulada *Empleo de técnicas nucleares para evaluar las prácticas de lactancia materna con miras a una nutrición y una salud mejores*, se hace hincapié en la utilización de técnicas de isótopos estables a fin de ayudar a evaluar las actividades encaminadas a mejorar las prácticas de alimentación del lactante y del niño pequeño. En ella se ofrece información sobre diversos proyectos que el OIEA lleva a cabo en Estados Miembros con objeto de ayudarlos a adquirir competencias para aplicar esas técnicas, que pueden proporcionar datos exactos y objetivos sobre las prácticas de lactancia materna.

El OIEA tiene previsto seguir añadiendo publicaciones a su colección de *Sinopsis y Notas informativas*.

Notas informativas del OIEA

El OIEA está actualizando también su colección de notas informativas y ha incluido información nueva de interés. En las notas informativas se destaca la labor multidimensional que realiza el OIEA con respecto a las



aplicaciones pacíficas de la tecnología nuclear en materia de energía, salud, industria, alimentación y agricultura, seguridad nuclear tecnológica y física, y salvaguardias y verificación. Por ejemplo, en relación con el tema de la seguridad nuclear tecnológica y física, existen notas informativas sobre una serie de materias, como la seguridad informática y de la información, la Convención sobre la Protección Física de los Materiales Nucleares y su Enmienda, y la criminalística nuclear.

En otra nota informativa en materia de salud, titulada *Los mosquitos transmisores del virus del Zika: ¿Cómo puede ayudar la técnica de los insectos estériles?*, se explican el apoyo que presta el OIEA y las actividades que realiza para luchar contra los mosquitos transmisores de enfermedades.

Las *Sinopsis del OIEA* y la colección de *Notas informativas* pueden consultarse en línea en el siguiente enlace: iaea.org/publications/factsheets

— Aabha Dixit

Un nuevo método permite avanzar en la investigación sobre el control de los mosquitos mediante el uso de técnicas nucleares

En diciembre de 2016 se dio a conocer un método pionero para separar los mosquitos macho y de los mosquitos hembra que podría ser un gran paso hacia el uso de la técnica de los insectos estériles (TIE) basada en la energía nuclear para controlar los insectos que transmiten enfermedades como el zika, el dengue y el chikungunya.

La TIE consiste en utilizar la radiación ionizante para esterilizar a los insectos de la plaga objetivo criados en masa y soltarlos posteriormente en la naturaleza, donde se aparean con otros insectos silvestres sin dejar descendencia, lo que, con el tiempo, reducirá la población de insectos total. Esta técnica se ha utilizado con éxito en más de 40 países contra plagas agropecuarias

como la mosca de la fruta, la mosca tsetsé y plagas de gusanos barrenadores y polillas, y las investigaciones sobre su aplicación contra los mosquitos *Aedes* se ha intensificado a raíz de la crisis del zika del pasado año. El OIEA, en colaboración con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), encabeza la investigación mundial en el campo del desarrollo y la aplicación de la TIE, entre otras cosas para combatir los mosquitos *Aedes*.

El mayor desafío al que se enfrentan los investigadores para usar la TIE en mayor escala contra diversas especies de mosquitos es la inexistencia de un método fiable que permita separar a las hembras



(Fotografía: D. Calma/OIEA)

de los grupos de mosquitos que después se sueltan. La eliminación de las hembras antes de la suelta es esencial en el uso de la TIE contra los mosquitos, ya que la transmisión de enfermedades se produce por la picadura de mosquitos hembra.

En los países donde el empleo de la TIE se está sometiendo a ensayo, o se prevé hacerlo, como el Brasil, China y México, se utiliza un método manual para separar los machos de las hembras. Las crisálidas

de hembras —esto es, en el ciclo de vida de un insecto, el estado entre larva y adulto— son de mayor tamaño que las de machos, lo que permite distinguir y retirar a las hembras antes de la suelta. Sin embargo, este método genera mucho trabajo, por lo que no resulta práctico para aumentar la escala a las decenas de millones de mosquitos que se necesitarían para usar la TIE en la protección de las ciudades contra la transmisión de enfermedades, apunta Rui Cardoso-Pereira, experto de la TIE de la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Alimentación y la Agricultura (División Mixta FAO/OIEA).

La búsqueda de métodos alternativos para lo que los conocedores denominan el “sexado” de mosquitos constituye el núcleo de interés del proyecto coordinado de investigación en curso de cinco años de duración, iniciado en 2013 bajo los auspicios de la División Mixta FAO/OIEA, en el que participan expertos procedentes de 13 países.

Sin ilusiones ópticas

Investigadores de TRAGSA, la institución pública de España dedicada a

los servicios y las ciencias ambientales, han construido el prototipo de un dispositivo capaz de diferenciar entre los mosquitos hembra y los mosquitos macho mediante la tecnología de visión artificial y de eliminar a continuación a las hembras empleando haces de láser. El dispositivo consta de un disco rotatorio que distribuye las crisálidas criadas en masa, que son analizadas mediante un programa informático que permite distinguir los sexos en función del tamaño, explica Ignacio Pla Mora, del departamento de control de plagas de TRAGSA.

Los resultados preliminares de los ensayos realizados han mostrado que el 99,7 % de las hembras fueron eliminadas, mientras que el 80 % de los machos sobrevivieron y se pudieron soltar, afirma el Sr. Pla Mora. Este sostiene que “los resultados conseguidos son muy satisfactorios en comparación con los que se obtienen con los métodos manuales utilizados actualmente”.

Si bien el prototipo puede procesar un millón de machos *Aedes* al día, aún no alcanza el nivel de producción industrial necesario a escala regional. Sin embargo, será suficiente para los proyectos dirigidos a municipios o pueblos concretos, en particular en los países donde los costos de mano de obra asociados a la separación manual de las crisálidas de mosquito son prohibitivos, afirma el Sr. Cardoso-Pereira. Prosigue la investigación con miras a perfeccionar este método de modo que se eliminen menos machos y se amplíe su alcance.

La participación de TRAGSA en el proyecto coordinado de investigación ha contribuido al desarrollo del nuevo método. “Cuando los expertos más destacados de una esfera trabajan juntos, la investigación de todos se acelera”, señala el Sr. Cardoso-Pereira.

— Miklos Gaspar

Los píxeles al rescate de antiguas investigaciones de física de Armenia

Gracias a las copias digitales que se conservan en el Sistema Internacional de Documentación Nuclear (INIS) del OIEA, Armenia ha recuperado más de 1000 artículos de investigación sobre física y astrofísica de alta energía que se encontraban en muy mal estado.

Durante más de 25 años, se guardaron bajo llave en polvorientos almacenes miles de artículos de investigación depositados en la biblioteca del Instituto de Física de Ereván, que carece de fondos suficientes. Habían acumulado tanta suciedad que era imposible limpiarlos sin que resultaran dañados.

“En las décadas de 1960, 1970 y 1980 hicimos llegar nuestros artículos de investigación a todos los grandes laboratorios y los transferimos al OIEA”, explica Ashot Chilingarian, Director del Instituto de Física de Ereván. “Por fortuna, el INIS había digitalizado y conservado todos los archivos, que hoy día podemos consultar en formato digital. Literalmente, los ha rescatado”.

En mayo de 2016, la dirección del Instituto de Física de Ereván, al que se había otorgado la condición de Laboratorio Nacional, pidió ayuda al OIEA para

restaurar los antiguos archivos. El personal del OIEA facilitó al Instituto los artículos de investigación en formato digital y le ayudó a establecer un repositorio científico digital, a través del cual puede accederse en línea a todos los artículos de investigación recuperados, en la dirección invenio.yerphi.am.

El Sr. Chilingarian explica que los científicos del Instituto de Física de Ereván llevan a cabo investigaciones en física y astrofísica de alta energía y colaboran con asociados internacionales en lo que respecta al uso de los aceleradores y detectores de rayos cósmicos más grandes del mundo. Esta colaboración en experimentos internacionales se remonta a la década de 1980. En la actualidad, el Instituto publica aproximadamente un 30 % de los artículos de investigación de Armenia y prevé añadir todas las publicaciones científicas nuevas al repositorio.

“El proyecto, además de permitir al Instituto de Física de Ereván adquirir y reutilizar la información científica perdida, ha introducido las tecnologías modernas para apoyar el funcionamiento de las instalaciones de investigación de Armenia”, afirma Zaven Hakopov,



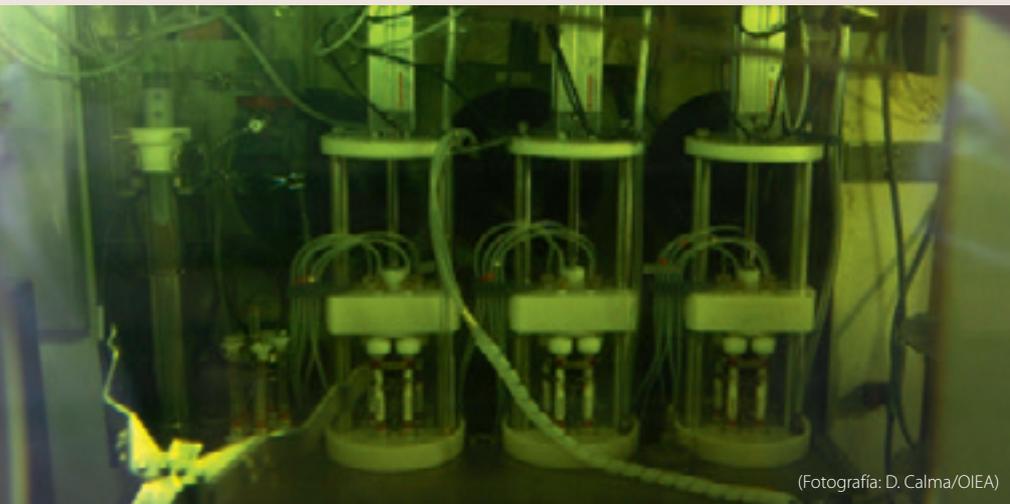
(Fotografía: Instituto de Física de Ereván)

coordinador del INIS en el OIEA. Partiendo del ejemplo de Armenia, añade, el OIEA prevé ayudar a más países a crear repositorios nacionales de información nuclear para fomentar la investigación y el desarrollo.

El OIEA gestiona el INIS que, con cuatro millones de entradas bibliográficas consultadas al año por más de dos millones de usuarios en todo el mundo, contiene una de las colecciones más extensas de información sobre ciencia y tecnología nucleares publicada a escala mundial. A través del INIS, el OIEA puede recopilar datos nucleares, información y fuentes de conocimiento sobre los usos de la energía nuclear con fines pacíficos y ponerlos a disposición de sus Estados Miembros, lo que contribuye a promover la investigación y el desarrollo y ayuda a los países a lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

— Laura Gil

Una tecnología alternativa que podría aumentar la producción de Mo 99



(Fotografía: D. Calma/OIEA)

Un método alternativo para la producción de molibdeno 99 (Mo 99) podría ayudar a incrementar el suministro de este isótopo fundamental, que se utiliza para proporcionar atención sanitaria esencial a millones de pacientes en todo el mundo, según revela un documento publicado en el *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* basado en investigaciones respaldadas por el OIEA y uno de cuyos autores es un experto del OIEA.

Justo en un momento en que los principales reactores de investigación que suministran Mo 99 están envejeciendo y van dejando de producir, el método alternativo analizado en ese documento ofrece una forma simplificada de diversificar la producción y contribuir al suministro continuado de Mo 99 para que los servicios de medicina nuclear no sufran interrupciones.

Problemas en el pasado

En 2009, los reactores que producían Mo 99 en el Canadá y los Países Bajos fueron sometidos a régimen de parada temporal para llevar a cabo actividades de reparación y mantenimiento necesarias. Eso causó serios contratiempos en los servicios de atención sanitaria de todo el mundo, lo que llevó a cancelar exploraciones médicas con escáner y aplazar operaciones quirúrgicas; incluso, en algunos casos, los profesionales de la medicina se vieron obligados a retroceder en el tiempo y echar mano de técnicas antiguas y menos eficaces. Aunque desde entonces han mejorado las condiciones de suministro, los funcionarios de la salud y los científicos no han dejado de buscar alternativas a lo que se denominó

“vulnerabilidades de suministro” en el documento *Molybdenum-99 for Medical Imaging* (“Molibdeno 99 para imagenología médica”), que figura en el informe de 2016 de las Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina de los Estados Unidos.

“Esa interrupción del suministro fue un verdadero toque de atención para que nos diéramos cuenta de que debíamos cambiar algo en la manera de producir Mo 99”, declara Danas Ridikas, Especialista en reactores de investigación del OIEA y coautor del documento. “Diversificar cómo y dónde se produce el Mo 99, aumentar la eficiencia en el uso de este isótopo y concebir un modelo de negocio con el que se recuperen los costos de producción se consideran ahora cuestiones esenciales para garantizar un suministro de Mo 99 continuado, estable y económicamente viable”.

El Mo 99 es el isótopo padre del tecnecio 99m (Tc 99m), el radionucleido más usado en la imagenología médica. Debido a que el Tc 99m es inestable y decae rápidamente, el que se produce y transporta a los hospitales es su isótopo padre, que es más estable.

Dado que un reactor de investigación en el Canadá abandonó la producción en octubre de 2016 y está previsto desconectar otro productor importante, en los Países Bajos, para 2024, hallar métodos alternativos de producción se está convirtiendo en una cuestión cada vez más vital, explica el Sr. Ridikas. La producción de Mo 99 mediante la irradiación de molibdeno natural o enriquecido es una de las alternativas menos utilizadas,

pero viables, para cubrir las necesidades nacionales, sobre todo en países que disponen de instalaciones con reactores de investigación, afirma.

Irradiación del molibdeno

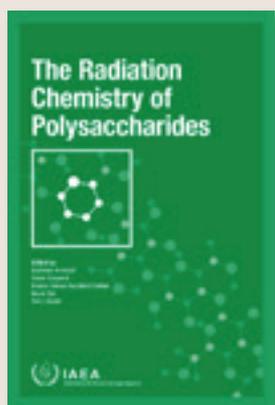
Esta técnica, que ya está siendo utilizada en Chile, la India, Kazajistán, el Perú, Rusia y Uzbekistán, implica un proceso de producción más sencillo y genera menos desechos radiactivos que el método tradicional de producción de Mo 99 mediante la fisión del uranio. También permite hacer un mejor uso de los reactores de investigación. Varios países, entre ellos Jordania, México y Marruecos, están estudiando la posibilidad de aplicar esta técnica.

Aunque el nuevo método tiene potencial, los expertos aún están evaluando su eficiencia. En diciembre de 2015, un taller del OIEA sobre esta cuestión reunió a expertos de 15 reactores de investigación de 12 países para examinar este método y su viabilidad. Los experimentos de irradiación de blancos de molibdeno natural, realizados en varios reactores de investigación con el respaldo del OIEA, demostraron claramente que cuando el Mo 99 se obtenía mediante irradiación, la producción de Mo 99 por gramo de material irradiado era inferior que cuando se utilizaba el método de fisión. A pesar de ello, las cantidades obtenidas deberían bastar para satisfacer las necesidades locales de varios países.

Aunque la irradiación de molibdeno enriquecido daría como resultado una proporción más alta de Mo 99, también requeriría una materia prima más costosa, por lo que quizá sea preferible utilizar molibdeno natural aunque su productividad sea más baja, explica el Sr. Ridikas. “La rentabilidad de la irradiación y el procesamiento, comparada con el método de fisión, aún está por determinar.”

Las enseñanzas extraídas de ese taller y los datos sobre la capacidad de producción aproximada de los reactores son la base de un documento publicado por el Sr. Ridikas, junto con otros científicos, en el *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. También sirven como plataforma para continuar la investigación. En 2017, el OIEA organizará en Kazajistán un taller conexas, sobre el procesamiento de blancos irradiados y la preparación de generadores de tecnecio 99m sobre la base de la producción de Mo 99 mediante la captura de neutrones.

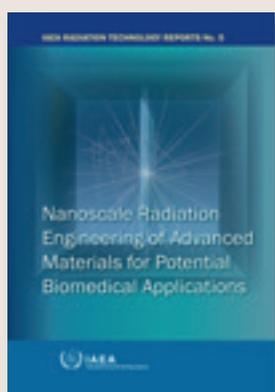
— Jeremy Li



The Radiation Chemistry of Polysaccharides

Esta publicación informa sobre los antecedentes, recopila los resultados de las investigaciones más recientes y ofrece detalles sobre las actividades relacionadas con el desarrollo de productos radiotratados hechos de polímeros naturales. Los éxitos logrados son un claro indicio de que el tratamiento de polímeros naturales con radiaciones ha surgido como nuevo ámbito estimulante donde explotar las características singulares de estos materiales poliméricos para gran variedad de aplicaciones prácticas en la agricultura, la salud, la industria y el medio ambiente.

Publicaciones monográficas; ISBN 978-92-0-101516-7; edición en inglés; 75,00 euros; 2016
www-pub.iaea.org/books/iaeabooks/10843/Poly



Nanoscale Radiation Engineering of Advanced Materials for Potential Biomedical Applications

En esta publicación se presentan los resultados de un proyecto coordinado de investigación del OIEA sobre ingeniería de la radiación a escala nanométrica de materiales avanzados para posibles aplicaciones biomédicas, y se resumen los logros de las instituciones participantes.

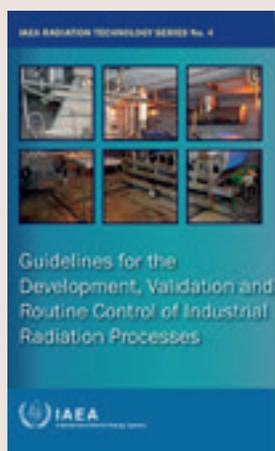
Informes sobre Tecnología de la Radiación del OIEA N° 5; ISBN 978-92-0-101815-1; edición en inglés; 49,00 euros; 2015
www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10641/Nano



Utilization of Accelerator Based Real Time Methods in Investigation of Materials with High Technological Importance

Esta publicación presenta la tecnología más avanzada en el desarrollo y la aplicación de diversas técnicas basadas en aceleradores en tiempo real para la investigación de materiales. Incluye ejemplos de temas científicos multidisciplinarios y los desafíos para los cuales la aplicación de métodos basados en aceleradores ofrecería beneficios significativos en forma de datos de investigación y mejor comprensión de los aspectos científicos. También se explican brevemente las actividades de investigación que sacarían partido de la caracterización en tiempo real del material mediante la radiación sincrotrónica; los haces de neutrones, iones y electrones; y combinaciones simultáneas de distintas técnicas. Una conclusión recurrente de los documentos presentados es la necesidad de proseguir las iniciativas destinadas a desarrollar materiales más robustos y con una vida útil más larga para las aplicaciones de la energía.

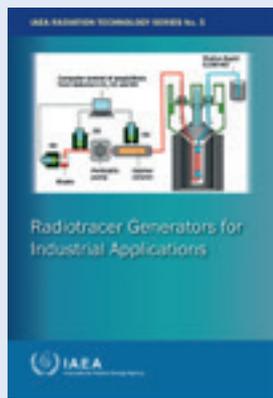
Informes sobre Tecnología de la Radiación del OIEA N° 4; ISBN 978-92-0-102314-8; edición en inglés; 37,00 euros; 2015
www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10490/RTM



Guidelines for Development, Validation and Routine Control of Industrial Radiation Processes

En esta publicación se presentan las directrices elaboradas a raíz de las peticiones de los Estados Miembros de orientaciones sobre cómo cumplir los requisitos de la norma internacional para el desarrollo, la validación y el control de rutina de un proceso de radiación, publicada por la Organización Internacional de Normalización (ISO). Aunque la norma de la ISO se elaboró para la esterilización de productos sanitarios, estas directrices son generales y, por consiguiente, aplicables a cualquier proceso de tratamiento por radiación. Esto se debe a que, en general, los principios en los que se basa la regulación del radiotratamiento destinado a obtener productos de calidad no varían, sea cual sea el producto o la aplicación. En varios lugares se proporciona información adicional para dar a conocer mejor los procesos de tratamiento con radiaciones que podrían ser de utilidad a los operadores de irradiadores y a sus responsables de gestionar la calidad a fin de brindar mejores servicios a sus clientes.

Colección de Tecnología de la Radiación del OIEA N° 4; ISBN 978-92-0-135710-6; edición en inglés; 29,00 euros; 2013
www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/8676/Industrial



Radiotracer Generators for Industrial Applications

Esta publicación es una fuente de información excepcional acerca del desarrollo de generadores de radiotrazadores y su uso en la solución de problemas y la optimización de los procesos industriales. Describe los resultados de investigaciones realizadas acerca de la caracterización de generadores de radiotrazadores de $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$, $^{137}\text{Cs}/^{137\text{m}}\text{Ba}$, $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ y $^{113}\text{Sn}/^{113\text{m}}\text{In}$, y su validación en investigaciones de procesos industriales. En las tendencias del proceso de industrialización de los países en desarrollo se observan indicios de que las técnicas de radiotrazadores seguirán ejerciendo una función importante en la industria durante muchos años, y las conclusiones de este proyecto de investigación ayudarán a los Estados Miembros a incrementar el uso de la tecnología de radiotrazadores para resolver los problemas de la industria y el medio ambiente.

Colección de Tecnología de la Radiación del OIEA N° 5; ISBN 978-92-0-135410-5; edición en inglés; 34,00 euros; 2013

www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/8921/Radiotracers

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

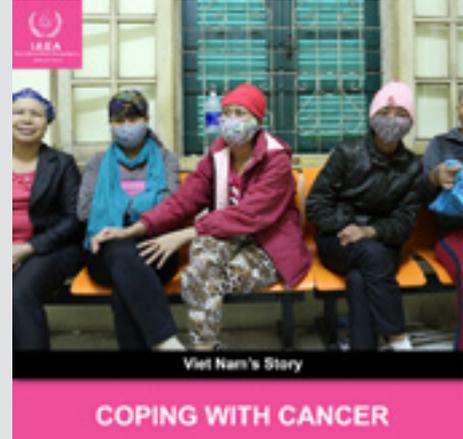
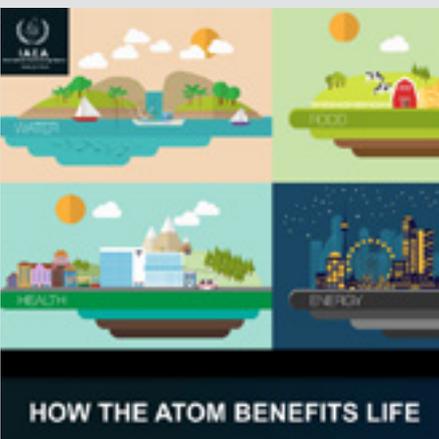
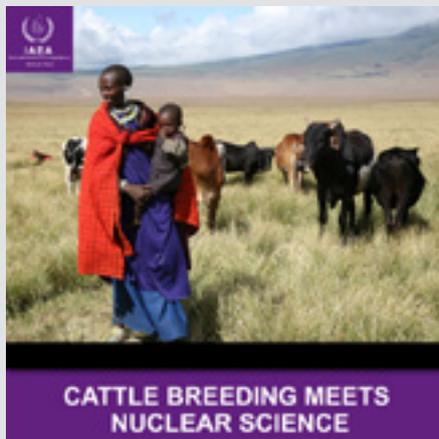
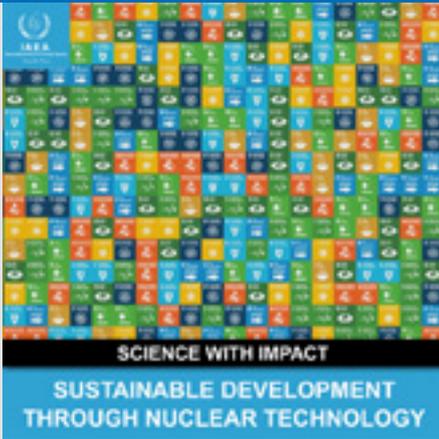
Si necesita información adicional o desea encargar un libro, póngase en contacto con:

Dependencia de Mercadotecnia y Venta, Organismo Internacional de Energía Atómica

Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Viena (Austria)

Correo electrónico: sales.publications@iaea.org

VÍDEOS DEL OIEA



Veá los vídeos del OIEA en www.youtube.com/iaeavideo

Conferencia Internacional sobre PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN MEDICINA

Lograr Cambios en la Práctica

11 a 15 de diciembre de 2017
Viena (Austria)



Organizada por



60 Years

IAEA *Atoms for Peace and Development*

Copatrocinado por la



World Health
Organization

y la



Pan American
Health
Organization

www.iaea.org/meetings
CN-255

