

IAEA BULLETIN

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA

La publicación emblemática del OIEA | Noviembre de 2018

En línea en
www.iaea.org/bulletin

Ciencia y tecnología nucleares

Abordar los obstáculos actuales y nuevos en materia de desarrollo

El comienzo de una nueva era: la radioterapia destruye más células cancerosas que nunca (página 4)

El uso equilibrado de fertilizante gracias a las técnicas nucleares contribuye a aumentar la productividad y a proteger el medio ambiente (página 11)

Lo que los átomos de las almejas nos cuentan sobre los peligros de la acidificación de los océanos (página 14)

También contiene:
Noticias del OIEA



EL BOLETÍN DEL OIEA

es una publicación de la
Oficina de Información

al Público y Comunicación (OPIC)

Organismo Internacional de Energía Atómica

Vienna International Centre

PO Box 100, 1400 Viena (Austria)

Teléfono: (+43 1) 2600-0

iaebulletin@iaea.org

Directora editorial: Nicole Jawerth

Editor: Miklos Gaspar

Diseño y producción: Ritu Kenn

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

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

Portada: O. Morozova/OIEA

Síguenos en:



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

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

El OIEA, que, además, proporciona una plataforma mundial para la mejora de la seguridad física nuclear, ha creado la *Colección de Seguridad Física Nuclear*, cuyas publicaciones ofrecen orientaciones a ese respecto que gozan del consenso internacional. La labor del OIEA también se centra en contribuir a que se reduzca al mínimo el riesgo de que los materiales nucleares y otros materiales radiactivos caigan en manos de terroristas y delincuentes o de que las instalaciones nucleares sean objeto de actos dolosos.

Las normas de seguridad del OIEA proporcionan un conjunto de principios fundamentales de seguridad y reflejan el consenso internacional sobre lo que constituye un alto grado de seguridad con respecto a la protección de las personas y el medio ambiente frente a los efectos nocivos de la radiación ionizante. Esas normas han sido elaboradas pensando en que sean aplicables a cualquier tipo de instalación o actividad nuclear destinada a fines pacíficos, así como a las medidas protectoras encaminadas a reducir los riesgos radiológicos existentes.

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

La labor del OIEA es polifacética y se lleva a cabo con la participación de un amplio espectro de asociados a escala nacional, regional e internacional. Los programas y presupuestos del OIEA se establecen mediante decisiones de sus órganos rectores, a saber, la Junta de Gobernadores, integrada por 35 miembros, y la Conferencia General, que reúne a todos los Estados Miembros.

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

Hacia un futuro sostenible con la ayuda de la ciencia y la tecnología nucleares

Yukiya Amano, Director General del OIEA

Los avances realizados durante las últimas décadas en las Esferas de la informática, la ingeniería y la física han aumentado notablemente la contribución de la ciencia y la tecnología nucleares en ámbitos tan dispares como la sanidad, la energía y la protección del medio ambiente. Gracias a la versatilidad cada vez mayor de las aplicaciones nucleares, los países pueden afrontar un sinnúmero de retos actuales y nuevos.

Conforme a su mandato, recogido en el lema “Átomos para la paz y el desarrollo”, el OIEA ayuda a los países a aprovechar plenamente la ciencia y la tecnología nucleares con el fin de mejorar la vida de la población y cuidar del medio ambiente. El Organismo está excepcionalmente preparado para prestar asistencia a los países en la creación de capacidad y la adquisición de conocimientos generales y especializados, así como en la tarea de sacar partido de los últimos adelantos en materia de aplicaciones nucleares. La Conferencia Ministerial del OIEA sobre Ciencia y Tecnología Nucleares: Abordar los Obstáculos Actuales y Nuevos en materia de Desarrollo, que tuvo lugar en noviembre de 2018, se enmarca en nuestros esfuerzos constantes encaminados a reunir a pensadores de referencia y a encargados de la toma de decisiones para que evalúen la situación actual y reflexionen sobre lo que nos podría deparar el futuro.

En esta edición del *Boletín del OIEA* podrán conocer algunos de los usos innovadores que se están dando a la ciencia y la tecnología nucleares en todo el mundo.

Descubrirán de qué manera, gracias a los últimos adelantos en el terreno de la radioterapia, el tratamiento del cáncer resulta más eficaz y seguro y menos agresivo que nunca para los pacientes (página 4), o cómo las técnicas isotópicas revelan información nutricional valiosa que contribuye a contrarrestar el auge de estilos de vida poco saludables a menudo asociados al aumento de la prosperidad (página 6). Otras técnicas isotópicas están ayudando a los agricultores a optimizar el uso de los fertilizantes a fin de incrementar la producción de alimentos para abastecer a la población del planeta, cada vez más numerosa, y reducir los efectos negativos de los fertilizantes en cuanto contaminantes ambientales y fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (página 11).

Muchos países han optado por la ciencia nuclear como ayuda para vigilar y mitigar los efectos del cambio climático y adaptarse a ellos, pues este fenómeno es, para muchos, el mayor desafío ambiental de nuestra época. Los expertos que asistieron al Foro Científico del OIEA de 2018 convinieron en que las soluciones a los problemas que plantea el cambio climático deben incluir la tecnología nuclear (página 17). Esta tecnología, además, ha arrojado luz sobre lo que en ocasiones se conoce como ‘el otro problema del CO₂’ (la acidificación de los océanos) y ha ayudado a los científicos a hallar maneras de combatir sus efectos en los océanos y en los medios de subsistencia de las comunidades costeras (página 14).

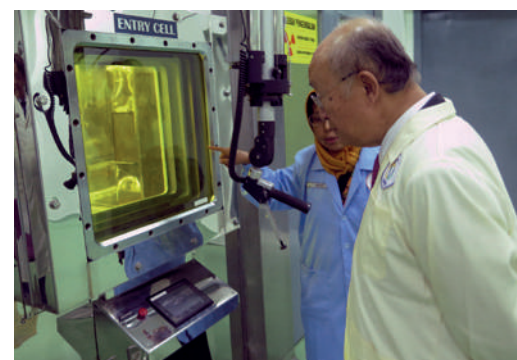


La repercusión de las técnicas nucleares ha aumentado significativamente con el paso de los años. Se están utilizando en ámbitos nuevos y diversos, desde la exploración del espacio hasta la conservación de objetos históricos y de obras de arte de gran valor (página 9). Para mantener este impulso positivo, es necesario enseñar y capacitar a nuevas generaciones de especialistas nucleares y garantizar que el conocimiento se comparta entre disciplinas. El artículo sobre un joven químico de Filipinas ilustra de qué manera empoderar a un especialista de una disciplina no nuclear para que emplee técnicas nucleares puede colmar lagunas científicas y llevar la investigación por nuevos derroteros (página 19). Cada vez más países reconocen la necesidad de incrementar la proporción de mujeres que trabajan en las ciencias nucleares para asegurarnos de que sacamos el máximo partido de todas las mentes más brillantes del planeta (página 21).

El OIEA tiene el compromiso de prestar apoyo a todos los países en el uso pacífico de las aplicaciones nucleares para extraer los máximos beneficios para la población.



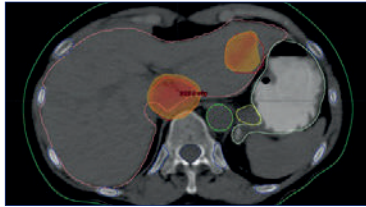
(Fotografías: C. Brady/OIEA)



Prefacio

1 Hacia un futuro sostenible con la ayuda de la ciencia y la tecnología nucleares

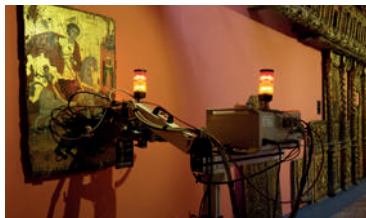
Mejorar la calidad de vida



4 El comienzo de una nueva era: la radioterapia destruye más células cancerosas que nunca



6 El papel de la precisión atómica en la política sanitaria de Mauricio

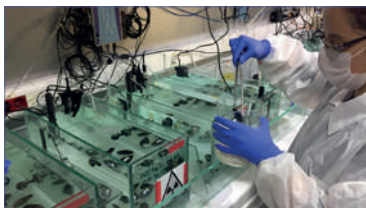


9 Descubierto el autor de una obra de arte centenaria en Albania gracias a los rayos X



11 El uso equilibrado de fertilizante gracias a las técnicas nucleares contribuye a aumentar la productividad y a proteger el medio ambiente

Responder a los desafíos del cambio climático



14 Lo que los átomos de las almejas nos cuentan sobre los peligros de la acidificación de los océanos



17 Tecnología nuclear contra el cambio climático
Resultados del Foro Científico del OIEA de 2018

Aplicaciones de la ciencia y la tecnología nucleares:
Mantener, apoyar y empoderar



19 Un joven químico filipino obtiene datos ambientales ausentes gracias a la ciencia nuclear



21 Más cerca de eliminar la brecha de género en la ciencia nuclear

Panorama mundial - El camino a seguir

23 Cómo puede ayudar el OIEA a resolver la paradoja de la innovación

Entrevista al Economista Principal de Crecimiento Equitativo del Banco Mundial

25 Ciencia y tecnología nucleares: Malasia avanza por el camino de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible

— *Mohd Abdul Wahab Yusof*

27 Responder a la llamada de un mundo en evolución: la tecnología nuclear hoy y mañana

— *Aldo Malavasi*

Noticias del OIEA

29 Se anuncian los ganadores de la convocatoria abierta del OIEA sobre materiales para la tecnología de fusión

30 El curso de aprendizaje electrónico del OIEA sobre activación neutrónica ayuda a científicos de 40 países

31 Egipto y el Senegal reciben detectores gamma para ayudar a luchar contra la erosión del suelo

32 Publicaciones

El comienzo de una nueva era: la radioterapia destruye más células cancerosas que nunca

Nicole Jawerth

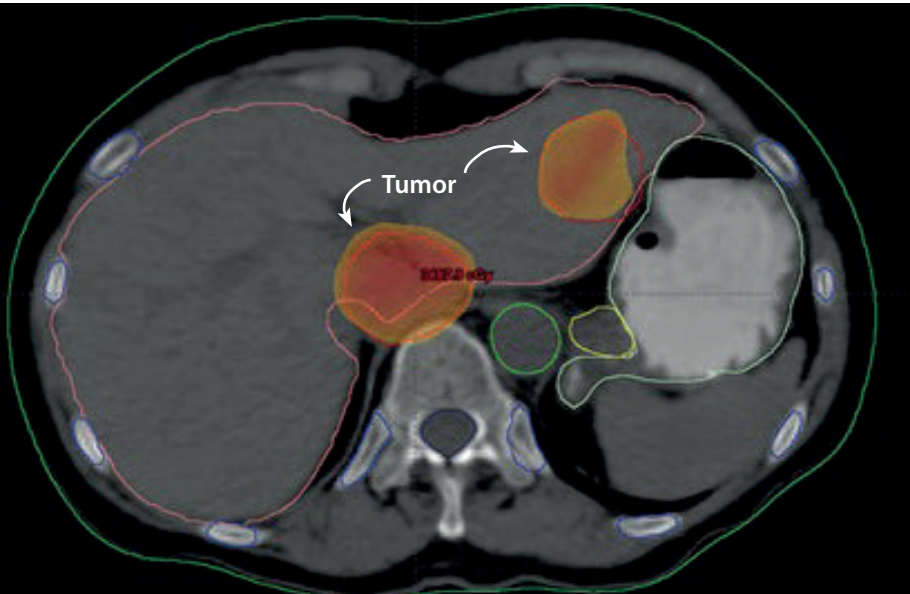


Imagen de un cáncer hepático que se tratará mediante un método avanzado de radioterapia denominado radioterapia estereotáctica corporal.

(Fotografía: Instituto Nacional del Cáncer, Egipto)

La radiación revolucionó la medicina en 1901, cuando se utilizó por primera vez para tratar el cáncer. Sin embargo, su uso ha evolucionado únicamente hasta donde ha permitido la innovación técnica. Hoy en día, gracias a los avances en física, tecnología e informática, la radioterapia se adentra en una nueva era de precisión, eficacia y seguridad, y el OIEA está contribuyendo a que los avances en este ámbito lleguen a los pacientes de todo el mundo.

“Estos avances pueden mejorar la calidad de vida del paciente durante el tratamiento y, en el caso de muchos tipos de cáncer, mejorar también la delimitación y focalización del tumor, reducir las recaídas y aumentar las tasas de supervivencia”, explica May Abdel-Wahab, Directora de la División de Salud Humana del OIEA. “Además, algunas de estas nuevas técnicas, como la radioterapia estereotáctica corporal (SBRT), pueden complementar otros tratamientos nuevos de inmunoterapia al potenciar la inmunogenia del cáncer”.

Cada año se diagnostica cáncer a más de 14 millones de personas en todo el mundo. Alrededor de la mitad de los pacientes de cáncer reciben radioterapia en algún momento del tratamiento (véase el recuadro “Base científica”), y esta suele combinarse con otros métodos, como el tratamiento quirúrgico y la quimioterapia.

Muchos países en desarrollo tienen dificultades para mantenerse al día de cómo evolucionan la tecnología y los métodos. Gracias al apoyo del OIEA, países de todo el mundo implantan la radioterapia, reciben capacitación al respecto y realizan una transición segura hacia técnicas avanzadas. “El OIEA trabaja mucho para ayudar a los países a proporcionar servicios de radioterapia de gran calidad, de modo que todos los pacientes puedan acceder a estos instrumentos y métodos cruciales para la vida, y beneficiarse de ellos”, señala la Sra. Abdel-Wahab.

Finalidad de la radioterapia

La radioterapia tiene por finalidad aumentar al máximo de forma segura la eficacia del tratamiento de un tumor mediante el uso de la radiación y, al mismo tiempo, reducir al mínimo los daños a los tejidos sanos y órganos críticos circundantes del paciente. Con tal objeto, los especialistas deben, en primer lugar, evaluar meticulosamente el tumor y planificar el tratamiento valiéndose del diagnóstico por la

imagen y de instrumentos de planificación. A continuación, utilizarán el haz de radiación de un aparato de radioterapia para aplicar al tumor, en condiciones de seguridad, una dosis de radiación cuidadosamente medida.

A mayor dosis de radiación, mayor destrucción de células cancerosas, pero también mayor riesgo para los tejidos sanos circundantes. “De ahí que la precisión en la delimitación del tumor y la aplicación de dosis exactas de radiación sean fundamentales para la seguridad y la eficacia de la radioterapia”, explica la Sra. Abdel-Wahab. “Muchos de los avances que vemos en radioterapia giran en torno a la mejora y el perfeccionamiento de esos dos elementos”.

Planes más exactos contra el cáncer

Los avances en la imagenología y la planificación del tratamiento, por ejemplo, han hecho posible que los radioncólogos pasen de utilizar técnicas de radioterapia bidimensionales a técnicas tridimensionales que comprenden la obtención de imágenes pertinentes y la posterior delimitación del contorno (un proceso que consiste en tomar imágenes de un tumor y evaluarlo para definir dónde acaba este y dónde comienza el tejido sano). El auge de los instrumentos de planificación automatizados contribuye también a que los especialistas en radioncología aprovechen la potencia informática para localizar los tumores y planificar la cantidad exacta de radiación que se ha de aplicar en cada parte del tumor y desde qué ángulos.

No obstante, la precisión del tratamiento está limitada por la calidad de las imágenes de diagnóstico y la capacidad del aparato de radioterapia. Antes, las imágenes de diagnóstico eran menos detalladas y la capacidad de la tecnología de radioterapia, más limitada. En consecuencia, los especialistas se veían obligados a administrar dosis de radiación más bajas en un mayor número de sesiones para preservar la seguridad de los pacientes y, en algunos casos, el estado del paciente los llevaba a descartar por completo la radioterapia como opción de tratamiento.

Esto ha cambiado con la aparición de instrumentos y procedimientos como la braquiterapia tridimensional y la radioterapia guiada por imágenes, que emplean imágenes detalladas para guiar y ajustar la radiación de manera dinámica durante el tratamiento. Por su parte, la SBRT ha hecho que sea posible administrar un tratamiento de gran precisión que consiste en radiar desde múltiples ángulos y en el que pueden aplicarse dosis mucho más altas en períodos de tratamiento más breves.

Tumores: rodea y vencerás

La SBRT ha llevado el control y la precisión a otro nivel. La singularidad de esta técnica reside en el uso de imágenes cuatridimensionales (altura, anchura, profundidad y, en algunos casos, movimiento) para planificar y administrar la radiación que se aplica a un tumor desde distintos ángulos mediante haces muy precisos. Cada haz por separado tiene dosis de radiación más bajas, siendo así más seguro y reduciéndose el riesgo de efectos secundarios en los tejidos sanos que se encuentran en su trayectoria pero, cuando estos convergen en el tumor, exponen las células cancerosas a una dosis de radiación combinada más alta. Así pues, por lo general, se necesitan menos sesiones para tratar a un paciente de manera eficaz.

“En el caso de algunos tipos de cáncer que son inoperables o que no pueden tratarse eficazmente con la radioterapia tradicional, la SBRT supone una nueva oportunidad de seguir

con vida”, afirma Tarek Shouman, Jefe de Radioncología en el Instituto Nacional del Cáncer (NCI) de Egipto, centro que colabora con el OIEA desde hace más de 20 años.

El Sr. Shouman y el equipo del NCI ya utilizan la SBRT, en parte gracias al apoyo del OIEA, para tratar el cáncer de pulmón en fase inicial y el cáncer recurrente de cabeza y cuello, así como el carcinoma hepatocelular (CHC), el tipo de cáncer hepático más común en varones en Egipto.

La SBRT ha mejorado drásticamente las opciones de radioterapia en los casos de cáncer hepático como el CHC, según explica el Sr. Shouman. Actualmente, el cáncer hepático es la tercera causa más frecuente de muerte por cáncer a nivel mundial. Durante años, la radioterapia tradicional no fue eficaz para tratar este tipo de cáncer, ya que no era posible administrar en condiciones de seguridad dosis de radiación lo suficientemente elevadas a un tumor hepático por los riesgos que ello comporta para el tejido sano circundante. Con la SBRT hasta los pequeños tumores hepáticos pueden tratarse con dosis más altas de radiación sin dañar el tejido sano.

Diversos estudios han demostrado que con la SBRT se reduce el número de tratamientos en el caso del CHC y también de otros tipos de cáncer, como los de cerebro, pulmón, cabeza y cuello, oscilando el número de tratamientos entre 1 y 5 en vez de 30-35. En un tratamiento de 2 años de duración, el grado de efectividad de la SBRT varía entre el 80 % y el 90 % en determinados tipos de cáncer. Son cifras similares a las de la extirpación quirúrgica de un tumor, pero con menos riesgos.

“La SBRT no es más que un nuevo método de radioterapia en un ámbito en rápida evolución. Nuestra intención es seguir trabajando estrechamente con el OIEA de modo que podamos mantenernos a la vanguardia, y también ampliar la colaboración y el apoyo prestado a otros países”, afirma el Sr. Shouman.

BASE CIENTÍFICA

Radioterapia

El cáncer se produce cuando las células del organismo crecen y se dividen de manera anómala y descontrolada. En radioterapia, un grupo de radioncólogos, físicos médicos y técnicos en radioterapia utilizan aparatos con que proyectar radiación ionizante en las células cancerosas. En función del tipo de cáncer y de su ubicación, dicho grupo se decantará por utilizar radioterapia externa mediante haces de radiación o por colocar fuentes de radiación en el interior

del organismo del paciente. La radiación daña el ADN de las células cancerosas. Al ser estas defectuosas, su ADN no puede repararse, acabándose así con la capacidad de esas células de dividirse y crecer, y provocando, a la larga, su muerte. Las células normales —que también se exponen a la radiación durante el tratamiento—, al ser células sanas, tienen mayor capacidad de reparación, lo que aumenta sus probabilidades de sobrevivir a la radioterapia.



“Estudiar la composición corporal es muy importante porque es el marcador adecuado para medir la grasa corporal y, con el marcador adecuado, es posible saber exactamente en qué situación se encuentra el país”.

—Noorjehan Joonus, Jefa de los Servicios de Bioquímica, Laboratorio Central de Salud, Mauricio

El papel de la precisión atómica en la política sanitaria de Mauricio

Luciana Viegas Assumpcao

Soplan vientos de prosperidad económica en Mauricio, una floreciente isla del océano Índico. Aunque la creciente afluencia ha hecho que afloren las oportunidades, también ha propiciado la aparición de hábitos menos saludables. En muchos países, un aumento de la riqueza suele traer consigo un aumento de peso entre la población, así como de las enfermedades prevenibles conexas. Para comprender mejor los efectos de la nutrición en la salud a escala nacional, países como Mauricio están empezando a utilizar técnicas nucleares.

“Existe un interés cada vez mayor por estudiar la nutrición a fin de orientar mejor las medidas sanitarias y evaluar sus efectos”, afirma Cornelia Loechl, Jefa de la Sección de Nutrición del OIEA. “Muchos países, como Mauricio, se enfrentan actualmente a una situación de doble carga, en la que la desnutrición y la deficiencia de micronutrientes coexisten con el sobrepeso y la obesidad, lo que aumenta el riesgo de enfermedades no transmisibles relacionadas con la alimentación”.

En las últimas décadas, el producto interior bruto de Mauricio se ha triplicado, en gran medida gracias al turismo y a la industria textil, y el país presume actualmente de contar con una de las rentas per cápita más elevadas de África. La atención integral de la salud es gratuita y los centros de salud regionales prestan servicios a la mayor parte de la población.

No obstante, el aumento en el consumo de comida rápida, sumado a un descenso de la actividad física y al aumento de la esperanza de vida, ha provocado que el país tenga actualmente las tasas de obesidad y de diabetes más elevadas de África. Las enfermedades no transmisibles se han disparado y fueron la causa del 80 % de las muertes ocurridas en 2016, siendo la diabetes responsable del 24 % de esos fallecimientos y el cáncer, de aproximadamente el 12 %.

“El patrón del cáncer en Mauricio difiere mucho del que se observa en el África continental”, señala Shyam Manraj, Director de los Servicios de Laboratorio y Coordinador Nacional del Registro de Cáncer del Ministerio de Salud y Calidad de Vida. “Tenemos el mayor índice de cáncer colorrectal, endometrial y de mama del continente. En general, estos tipos de cáncer están relacionados con la alimentación”.

Para reducir esta carga cada vez más importante, las autoridades de Mauricio han decidido mejorar el seguimiento de la obesidad y de sus efectos. Con la ayuda del OIEA, desde 2009 han realizado varios estudios para medir la composición corporal de la población mediante un método de isótopos estables conocido como técnica de dilución de deuterio (véase el recuadro “Base científica”). Estos estudios proporcionan una imagen más exacta que la que se obtiene con los que usan mediciones tradicionales, como el índice de masa corporal (IMC).



Los resultados de los estudios de la composición corporal mediante técnicas isotópicas llevaron al Gobierno de Mauricio a reforzar los controles sobre los alimentos que se venden en cantinas escolares, como la de la fotografía, situada en la escuela pública de Baichoo Madhoo.

(Fotografía: L. Viegas Assumpcao/OIEA)

“La técnica de dilución de deuterio permite determinar la cantidad de grasa corporal y de masa magra”, señala la Sra. Loechl. “Esto es importante porque un mayor nivel de grasa corporal se asocia a determinadas consecuencias negativas para la salud”.

El Laboratorio Central de Salud de Mauricio comenzó estudiando el nivel de obesidad de los niños de entre 6 y 13 años para determinar cuándo habían comenzado a tener sobrepeso y los riesgos para la salud que ello podía ocasionar. Los resultados revelaron que el IMC de ese grupo de edad subestimaba la existencia de casos de obesidad y de sobrepeso tanto en niños como en niñas y que, en el caso de muchos jóvenes, el riesgo de contraer enfermedades crónicas era inminente. “Detectamos un aumento de la resistencia a la insulina, lo que indica una predisposición en los niños a contraer enfermedades no transmisibles, en especial la diabetes”, afirma Noorjehan Joonus, Jefa de los Servicios de Bioquímica del Laboratorio Central de Salud y al frente de estos estudios.

“Comunicamos los resultados a los Ministerios de Salud y de Educación y se han aumentado las horas de educación física en las escuelas”, añade la Sra. Joonus. “Ahora los niños realizan actividad física todos los días en lugar de una vez por semana”.



Niños mauricianos beben agua enriquecida en deuterio en el marco de un estudio para determinar su composición corporal.

(Fotografía: L. Viegas Assumpcao/OIEA)

Además, el Gobierno ha intensificado otras medidas: se subió el impuesto que grava el azúcar y se instauraron controles más estrictos sobre los alimentos que se venden en las escuelas. Asimismo, aumentó el asesoramiento en nutrición en todos los centros de salud regionales. “Durante la etapa de prediabetes, la enfermedad es reversible, pero una vez se ha declarado, la situación es irreversible; por eso ofrecemos asesoramiento sobre alimentación en una etapa temprana”, señala Anju Gowreesunkur, nutricionista del Ministerio de Salud y Calidad de Vida.

Mauricio ha ido ampliando los estudios a otros grupos de población. Además de la dilución de deuterio, el laboratorio ha comenzado a utilizar la exploración por absorciometría de rayos X de energía dual (DXA) para estudiar la relación entre la composición corporal, la resistencia a la insulina y el cáncer colorrectal y de mama. Esta técnica ofrece información sobre la distribución de la grasa corporal (véase el recuadro “Base científica”), lo cual es importante ya que la presencia de grasa alrededor de los órganos (grasa visceral) entraña un mayor riesgo de contraer enfermedades crónicas, como la diabetes.

“Estos estudios nos están ayudando, en realidad, a mejorar nuestro programa nacional de control del cáncer”, apunta la Sra. Joonus. El país tiene previsto organizar, en colaboración con el OIEA, un curso de capacitación en la Universidad de Mauricio dirigido a los países de la región sobre aplicaciones isotópicas para realizar evaluaciones de la nutrición. “Estudiar la composición corporal es muy importante porque es el marcador adecuado para medir la grasa corporal y, con el marcador adecuado, es posible saber exactamente en qué situación se encuentra el país”.

Provisto de mejores datos, Mauricio prevé seguir mejorando sus políticas en materia de nutrición para prevenir enfermedades, de modo que la riqueza y la prosperidad no interfieran en la salud de la nación. “Como suele decirse, ‘somos lo que comemos’. Los estudios han demostrado sistemáticamente que, simplemente comiendo bien, podemos prevenir enfermedades o retrasar su aparición”, afirma la Sra. Gowreesunkur.

BASE CIENTÍFICA

Dilución de deuterio y DXA

El método de **dilución de deuterio** consiste en beber agua con una dosis conocida de deuterio, un isótopo estable del hidrógeno. Los isótopos son átomos de un mismo elemento (hidrógeno en este caso) que tienen igual número de protones pero diferente número de neutrones. Los isótopos de un elemento tienen un peso atómico distinto, lo que permite a los científicos trazarlos en función de su masa.

Al cabo de unas horas, cuando el deuterio se ha mezclado completamente con el agua corporal, se toma una muestra de saliva a modo de representación del contenido de agua en el cuerpo, a partir de la cual se puede medir la concentración de deuterio en la saliva. Dado que se conoce tanto la cantidad de deuterio consumido como su concentración en el agua corporal, es posible calcular el contenido total de agua corporal. Con este dato, los investigadores pueden determinar las proporciones de masa corporal grasa y magra, es decir, la composición corporal.

La **absorciometría de rayos X de energía dual (DXA)** es una técnica de imagenología para determinar la distribución de la grasa corporal. Sirviéndose de un escáner de cuerpo entero, el cuerpo del paciente se irradia con rayos X con dos niveles de energía diferentes. Estos dos haces de energía son absorbidos de manera diferente por distintos tejidos corporales. La máquina de DXA mide la cantidad de energía que absorben los distintos tejidos y convierte esas mediciones en imágenes, las cuales, superpuestas, permiten visualizar y calcular las proporciones relativas de mineral óseo, tejido adiposo y tejido blando.

La DXA se diseñó principalmente para calcular la densidad mineral ósea en adultos a fin de diagnosticar la osteoporosis. Sin embargo, el escáner también puede medir la composición corporal con un alto grado de exactitud. La principal ventaja de esta técnica es que mide los depósitos regionales de grasa, que es donde se encuentra la grasa corporal. Esto es importante porque la grasa acumulada alrededor de los órganos (la grasa visceral) entraña un mayor riesgo para la salud.

Descubierto el autor de una obra de arte centenaria en Albania gracias a los rayos X

Alejandra Silva



Este espectrómetro portátil de fluorescencia X ayuda a los científicos a analizar un retrato de san Jorge, uno de los santos más famosos del cristianismo.

(Fotografía: A. Silva/OIEA)

Un grupo de investigadores albaneses ha recurrido a los rayos X para descubrir quién fue el pintor de un delicado retrato centenario de san Jorge, uno de los santos más famosos del cristianismo. Entre los métodos que emplearon figuran el ensayo no destructivo (END) y el análisis no destructivo (AND), ambos métodos de rayos X muy utilizados para estudiar los materiales y la calidad de los objetos, en actividades que van desde el análisis de bienes culturales y muestras biomédicas, como la sangre y el cabello, hasta la búsqueda de grietas o agujeros en oleoductos y partes de aviones.

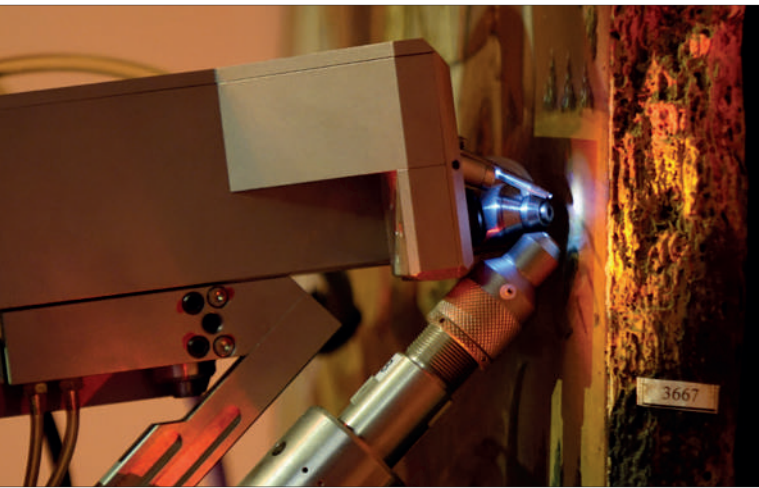
“Con el ensayo y el análisis no destructivos podemos evaluar la integridad y las propiedades físicas de los objetos sin dañarlos, algo fundamental en el caso de piezas antiguas que suelen ser muy frágiles”, explica Elida Bylyku, Directora del Instituto de Física Nuclear Aplicada de Tirana (Albania). “Los rayos X también sirven para ver el interior de un objeto y detectar cualquier grieta o desperfecto que, de otro modo, no serían visibles”.

Los investigadores del Instituto de Física Nuclear Aplicada colaboraron con expertos del OIEA para estudiar el retrato, que había sido recuperado de una antigua iglesia, mediante las técnicas de ensayo y análisis no destructivos. Los resultados han ayudado a los conservadores del Museo Nacional de Historia de Tirana a conocer la historia del cuadro y a elegir los métodos adecuados para restaurar la valiosa obra de arte.

“En un primer momento, cuando recibimos el retrato, pensamos que lo había pintado un artista anónimo”, aclara la Sra. Bylyku. Una vez comprobada la integridad estructural de la obra mediante radiografía industrial, los investigadores aplicaron el análisis por fluorescencia X para determinar los materiales utilizados en la creación del icono (véase el recuadro “Base científica”). Compararon dichos materiales con los empleados por distintos artistas en diferentes épocas y el análisis arrojó una coincidencia.

“Gracias al análisis por fluorescencia X hemos podido determinar los pigmentos utilizados en el retrato de san Jorge y esto nos ayudó a descubrir que el icono fue pintado por los hermanos Çetiri en el siglo XVIII”, explica la Sra. Bylyku. “Esta información es también fundamental para restaurar la obra de forma verosímil”.

El retrato de san Jorge es uno de los miles de tesoros culturales y arqueológicos de la colección del museo. Muchas de las piezas han sido recuperadas de lugares históricos y de iglesias. Se trata, en muchos casos, de obras delicadas en estado de deterioro, lo que dificulta su manipulación. Al ser métodos no intervencionistas, los investigadores suelen recurrir al ensayo y al análisis no destructivos para estudiar este tipo de objetos frágiles.



Los haces de rayos X interactúan con los átomos del retrato para ofrecer pistas sobre la historia y la creación de este.

(Fotografía: A. Silva/OIEA)

La protección del patrimonio cultural a escala mundial

El ensayo y el análisis no destructivos pueden dejar al descubierto detalles valiosos de las obras de arte y los bienes culturales que a simple vista es imposible apreciar. Como explica Patrick Brisset, técnico industrial del OIEA, “cada

obra presenta una combinación particular de elementos e isótopos que contiene información sobre su origen y que va desde las técnicas y los materiales utilizados hasta la época e incluso el lugar en que probablemente fue creada. (...) Esta información puede servir para conservar las obras y descubrir la historia en torno a su creación, pero también para detectar falsificaciones”.

Cientos de especialistas de todo el mundo colaboran con el OIEA en la utilización del ensayo y el análisis no destructivos para estudiar y conservar el patrimonio cultural y detectar falsificaciones, entre otras cosas, recibiendo capacitación y el equipo y las instalaciones necesarios para llevar a cabo estos estudios por conducto de proyectos coordinados de investigación y proyectos de cooperación técnica del OIEA. Asimismo, estos proyectos representan para los especialistas una oportunidad de intercambiar conocimientos especializados y generales, lo que contribuye a avanzar en la materia y preservar la historia de la civilización.

“Trabajamos junto con el Instituto de Física Nuclear Aplicada porque los iconos son uno de los bienes más importantes del patrimonio cultural que poseemos. De ahí que hagamos todo lo posible por que se analicen y conserven de manera adecuada”, aclara Arta Dollani, Directora del Instituto de Monumentos Culturales de Albania, que colabora estrechamente con el Museo Nacional de Historia en la restauración de bienes culturales.

BASE CIENTÍFICA

Fluorescencia de rayos X y radiografía industrial

La **fluorescencia de rayos X**, o XRF, es un método de análisis no destructivo que sirve para detectar la presencia de elementos en prácticamente todo tipo de material y para analizarlos. Los científicos suelen utilizar un aparato portátil de pequeño tamaño denominado espectrómetro de rayos X para bombardear una muestra del material de ensayo con haces de rayos X. Los haces interactúan con los átomos de la muestra y desplazan a los electrones de la capa interior de esos átomos. Este desplazamiento de electrones deja un vacío que acaba llenándose con otro electrón de la órbita superior. El paso de un electrón de una órbita superior a otra inferior libera cierta cantidad de energía como radiación electromagnética. Esta radiación se produce en forma de rayos X, que el espectrómetro puede detectar y que sirve para determinar de forma inequívoca el elemento de origen. Se trata de un método exacto, ya que la energía de los rayos X emitidos es exclusiva en cada elemento. El XRF se utiliza mucho en arqueometría

para estudiar la composición de los pigmentos o los metales utilizados en manuscritos, pinturas, monedas, cerámicas y otros objetos.

La **radiografía industrial** es un método de ensayo no destructivo que sirve para comprobar la estructura interna y la integridad de los objetos. Utiliza la radiación ionizante, como los rayos X, para obtener una imagen de la estructura interna de materiales sólidos y duros. La radiación atraviesa el material e incide en una película impresionada que se encuentra al otro lado. La intensidad de la película varía en función de la cantidad de radiación recibida a través del objeto: los materiales con zonas de menor grosor, con grietas o huecos, o de más baja densidad dejan pasar más radiación. Estas diferencias en la imagen permiten detectar desperfectos o grietas no visibles en el interior de un objeto.



El uso equilibrado de fertilizante gracias a las técnicas nucleares contribuye a aumentar la productividad y a proteger el medio ambiente

Nathalie Mikhailova

Cuando hablamos de fertilizante, el equilibrio es fundamental: si aplicamos la cantidad adecuada en el momento oportuno, los cultivos crecerán y ayudarán a alimentar a la creciente población mundial; demasiado fertilizante, sin embargo, puede resultar perjudicial para las plantas, contaminar el suelo y el agua y perpetuar el calentamiento global. ¿Cómo se logra este equilibrio? Por ejemplo, con la ayuda de técnicas isotópicas a fin de optimizar la utilización de fertilizante y combatir sus efectos como agrocontaminante y fuente de emisiones de gases de efecto invernadero.

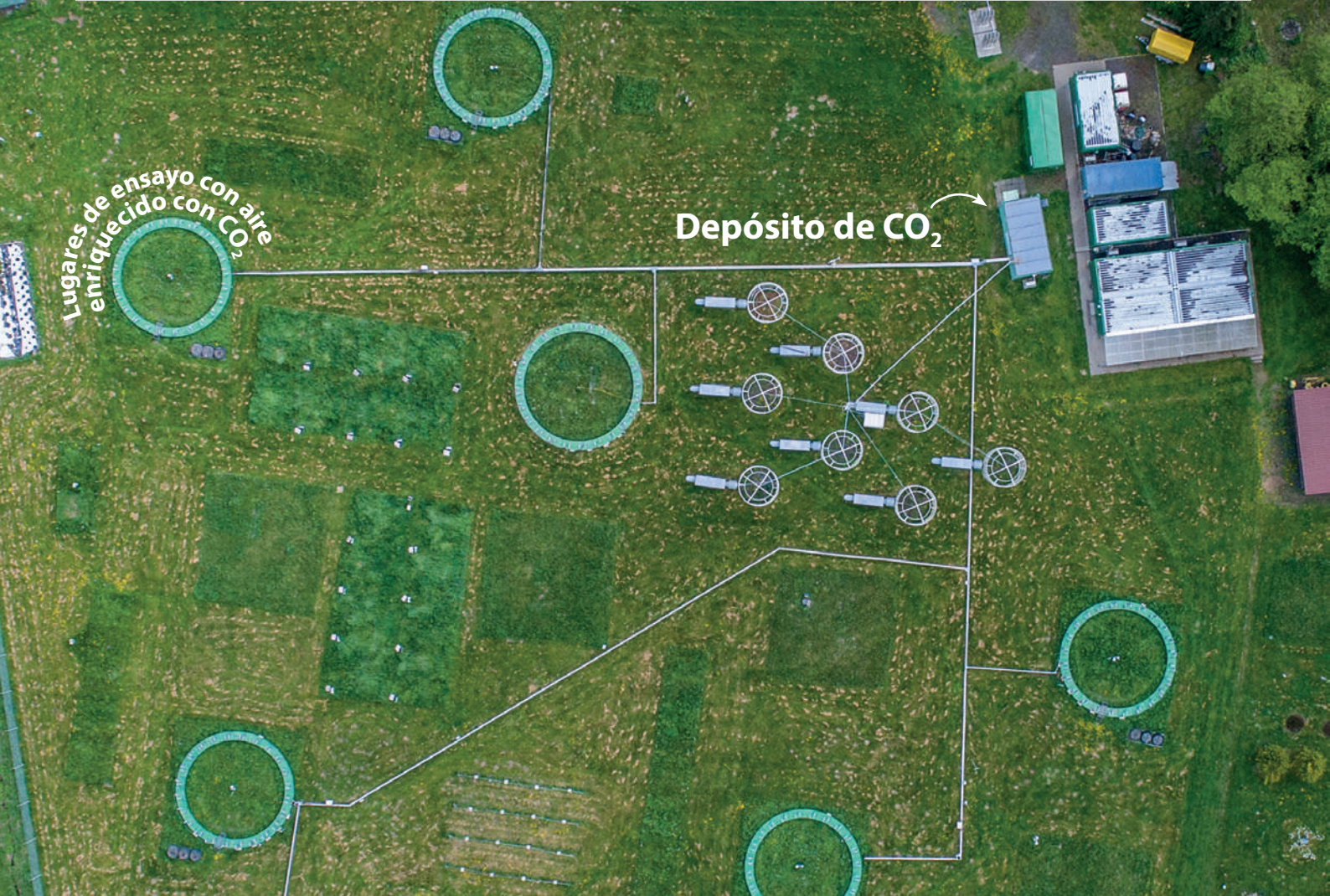
Ayudar a los agricultores reduciendo al mismo tiempo las emisiones de gases de efecto invernadero

“Aunque hoy hay más bocas que alimentar que nunca en todo el planeta, la solución al problema no pasa por utilizar más fertilizante; su uso excesivo es, en gran medida, una de las razones por las que el sector agrícola se ha ido convirtiendo gradualmente en una de las principales fuentes de gases de efecto invernadero durante los últimos 70 años”, explica Christoph Müller, experto en suelos y plantas del Instituto de Fitoecología, Universidad Justus Liebig de Giessen (Alemania) y de la Facultad de Biología y Ciencias

Ambientales del Colegio Universitario de Dublín. En 2014 el sector agrícola, incluida la silvicultura y otros usos de la tierra, representó el 24 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

“Tenemos que proteger el medio ambiente y ayudar al mismo tiempo a los agricultores pero, para ello, debemos antes comprender de manera detallada cómo interactúan los fertilizantes con el suelo y los cultivos, y en qué momento emiten gases de efecto invernadero”, dice el Sr. Müller. “Las técnicas nucleares pueden ayudarnos a obtener esos detalles y a encontrar formas sostenibles de producir más alimentos y, al mismo tiempo, reducir al mínimo el impacto ambiental”.

A medida que las plantas y el suelo transforman el fertilizante en nutrientes útiles, se generan algunos subproductos que son gases de efecto invernadero: dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) y metano (CH₄). Con la cantidad de fertilizante adecuada, las plantas crecen y la cantidad de gases de efecto invernadero que se emite es mínima. Sin embargo, cuando hay tanto fertilizante que las plantas no son capaces de procesarlo y quedan restos de fertilizante almacenados en el suelo, las emisiones aumentan exponencialmente.



En el experimento “Free-Air CO₂ Enrichment” (FACE), se bombea aire enriquecido con CO₂ en varios lugares de ensayo mediante anillos de tuberías con el objetivo de simular en pastizales típicos las condiciones de CO₂ en la atmósfera previstas para mediados del presente siglo.

(Fotografía: C. Müller/Universidad Justus Liebig de Giessen)

El Sr. Müller y científicos de nueve países, junto con expertos del OIEA y en colaboración con la FAO, están rastreando distintos isótopos para comprender la relación entre el fertilizante, los cultivos, el suelo y las emisiones de gases de efecto invernadero (véase el recuadro “Base científica”). Estas técnicas también se están empleando como parte del experimento “Free-Air CO₂ Enrichment” (FACE), que ayuda a los científicos a estudiar de qué manera los niveles más altos de CO₂ en la atmósfera asociados al cambio climático pueden repercutir en la calidad de los cultivos y en las necesidades de fertilizante. Las conclusiones de sus estudios isotópicos se utilizarán en la elaboración de directrices para ayudar a reducir el uso de fertilizante en la agricultura, sin menoscabo de la calidad o el rendimiento de los cultivos.

Los resultados de la investigación ya han puesto de manifiesto formas de optimizar la utilización de fertilizante en una superficie de más de 100 hectáreas de terreno dedicadas al pastoreo y al cultivo de arroz, maíz y trigo: las emisiones de gases de efecto invernadero se redujeron en un 50 % y el rendimiento de los cultivos se incrementó en un 10 %.

“El experimento FACE también nos ha permitido observar que, si bien las plantas están creciendo más, su calidad está cambiando”, explica el Sr. Müller. FACE es un espacio donde se simula a gran escala el cambio climático en condiciones naturales. El estudio, que se está llevando a cabo en Giessen (Alemania), es uno de los ensayos de más larga duración de esta índole en el que se simulan, en pastizales típicos, las condiciones de CO₂ en la atmósfera previstas para mediados del presente siglo.

Las plantas que crecen en estas condiciones de alta concentración de CO₂ se endurecen y su contenido en proteínas disminuye. Además de tener que hacer un esfuerzo adicional al ingerir estas plantas, las vacas deben consumir más cantidad a fin de obtener nutrientes en cantidad suficiente para producir leche. Esta situación no solo constituye una amenaza para la producción de leche, sino que también provoca que las vacas emitan más metano, un gas de efecto invernadero 34 veces más potente que el CO₂.

Rastros de fertilizante en masas de agua y en el agua potable

Además de contribuir a las emisiones de gases de efecto invernadero, el exceso de fertilizante suele llegar, por efecto de la lluvia o del deshielo, a ríos y arroyos, y desde ahí acaba en los océanos y en los suministros de agua potable.

“Los agrocontaminantes pueden hacer que el agua sea imbebible y causar daños en los ecosistemas acuáticos y en la biodiversidad”, afirma Lee Heng, Jefa de la Sección de Gestión de Suelos y Aguas y Nutrición de los Cultivos de la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Alimentación y la Agricultura. “Los nutrientes presentes en el fertilizante, por ejemplo, fomentan el crecimiento de algas, lo que reduce los niveles de oxígeno en el agua y resulta perjudicial para los peces y la vida acuática”.

Los fertilizantes son una de las varias sustancias químicas utilizadas en la agricultura que contaminan el medio ambiente. Otros ejemplos incluyen los plaguicidas, la sal procedente del agua de riego, los sedimentos y los residuos de medicamentos veterinarios. Estas sustancias se utilizan cada vez más, mientras los productores de alimentos buscan formas de aumentar la producción de alimentos y combatir al mismo tiempo los efectos del cambio climático, señala la Sra. Heng.

Científicos de 15 países están colaborando con expertos de la División Mixta FAO/OIEA para rastrear múltiples isótopos estables con el objetivo de analizar agrocontaminantes, sus orígenes y su movimiento (véase el recuadro “Base científica”). Estas técnicas formarán un conjunto de recursos para localizar las fuentes de agrocontaminantes y desarrollar prácticas sostenibles innovadoras que contrarresten el uso excesivo de estas sustancias y su impacto en el medio ambiente.

Si bien durante más de 20 años los científicos han utilizado isótopos de manera individual para detectar agrocontaminantes,



En el delta del Danubio, las algas crecen por efecto de los nutrientes presentes en el fertilizante que contamina el agua.

(Fotografía: División mixta FAO/OIEA)

emplear un isótopo cada vez no proporciona suficiente información para distinguir entre diferentes contaminantes y sus firmas isotópicas características.

“Al analizar múltiples isótopos se obtiene una imagen más completa de la contribución relativa de cada sustancia química procedente de cada una de las distintas fuentes. De este modo, los científicos pueden saber qué método deben adoptar para hacer frente a los contaminantes presentes en los campos y en distintas zonas”, explica la Sra. Heng.

BASE CIENTÍFICA

Técnicas de isótopos estables

Los isótopos son átomos de un mismo elemento que tienen igual número de protones pero un número distinto de neutrones, lo que da como resultado un peso atómico distinto. Por ejemplo, el nitrógeno 15 tiene el mismo comportamiento químico que el nitrógeno 14, pero posee un neutrón más, por lo que es más pesado. Los científicos pueden usar esta información para rastrear y entender cómo se transforman los isótopos, así como sus rutas de flujo y sus intercambios con las plantas, el suelo y las masas de agua.

Los científicos utilizan nitrógeno 15 y carbono 13 para rastrear el movimiento y el origen de las emisiones de óxido nítrico, metano y dióxido de carbono en la agricultura. Mediante fertilizantes marcados con el isótopo nitrógeno 15, los científicos pueden seguir el rastro del isótopo y determinar la eficacia con la que los cultivos absorben el fertilizante, así

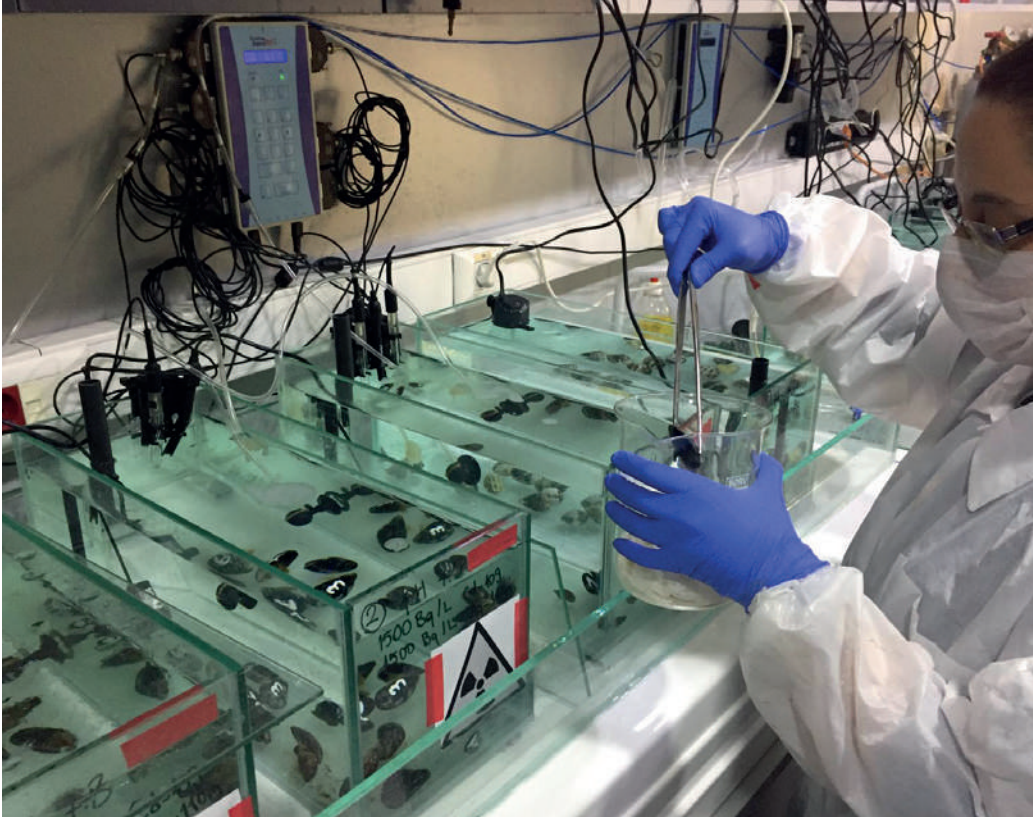
como cuánta cantidad queda. El carbono 13 se rastrea para determinar el movimiento y el origen del dióxido de carbono y el metano.

Análisis de múltiples isótopos

Los científicos utilizan los isótopos estables del carbono, el hidrógeno, el nitrógeno, el oxígeno y el azufre para rastrear agrocontaminantes, incluido su origen y su movimiento desde el suelo hasta las masas de agua. ¿Por qué se recurre a estos isótopos? Porque los fertilizantes y los plaguicidas contienen nitrógeno, azufre y carbono, elementos que el agua, que contiene isótopos del oxígeno y el hidrógeno, disuelve y transporta. Los isótopos se miden simultáneamente a fin de distinguir el ciclo del agua del de la contaminación y comprender mejor la procedencia y el destino de los contaminantes.

Lo que los átomos de las almejas nos cuentan sobre los peligros de la acidificación de los océanos

Laura Gil



Organismos marinos como las almejas, los corales y los caracoles marinos diminutos permiten a científicos de todo el mundo observar los efectos de las emisiones de CO₂ en el océano.

(Fotografía: M. Belivermiş/Laboratorio de Radioecología de la Universidad de Estambul)

Una amenaza pesa sobre las almejas y otros moluscos. La acidificación gradual de los océanos debida al aumento de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) hará que algunos de estos organismos marinos tengan más dificultades para formar su caparazón o su esqueleto. Una mala noticia no solo para los propios organismos, sino también para las personas que dependen de ellos.

Pero esta situación también tiene su vertiente positiva: gracias a las técnicas isotópicas, los científicos pueden rastrear los átomos de estos animales marinos con caparazón a fin de comprender mejor los efectos de la acidificación de los océanos y el cambio climático, un primer paso para combatir el problema.

“Conforme aumentan los niveles de acidez de los océanos, algunos organismos absorben y acumulan más radionucleidos o metales que otros, crecen más lentamente o necesitan más alimentos para sobrevivir. Las técnicas nucleares permiten rastrear todos estos efectos”, explica Murat Belivermiş, científico del laboratorio de radioecología de la Universidad de Estambul, que usa técnicas isotópicas para estudiar los efectos del cambio climático y la acidificación de los océanos en alimentos de origen marino social y económicamente importantes. El Sr. Belivermiş aprendió a utilizar las técnicas nucleares e isotópicas durante una beca en los Laboratorios del OIEA para el Medio Ambiente de Mónaco en 2013.

Organismos marinos como las almejas, los corales y los caracoles marinos diminutos permiten a científicos de todo el mundo observar los efectos en el océano de los cambios en las condiciones climáticas. El aumento de las emisiones de CO₂ —el principal motor del cambio climático— también está acelerando la acidificación de los océanos. Los océanos absorben alrededor de una cuarta parte del CO₂ que el mundo emite a la atmósfera, lo que provoca cambios en la química del agua de mar y, a su vez, en algunos ecosistemas y organismos marinos.

Las técnicas nucleares e isotópicas son instrumentos valiosos a disposición de los científicos para estudiar la acidificación de los océanos, un fenómeno conocido en ocasiones como ‘el otro problema del CO₂’. Isótopos radiactivos como el calcio 45 pueden utilizarse como trazadores precisos para examinar, por ejemplo, la tasa de crecimiento de los organismos calcificadores (véase el recuadro “Base científica” en la página 16). Estos organismos incluyen a los mejillones y las almejas, que forman su caparazón a partir de carbonato de calcio, un mineral de origen natural que se encuentra en el océano. La acidificación de los océanos provoca que las almejas y los mejillones tengan más dificultades para encontrar el material que necesitan para crear y mantener su caparazón de carbonato de calcio.



En el caso de las ostras, los cambios en el pH no destruyen el caparazón, sino que lo blanquean: un pH de 8,1 corresponde a las condiciones ambientales; un pH de 7,8 es el valor estimado para el año 2100, y un pH de 7,5, el valor estimado para el año 2300.

(Fotografía: N. Sezer/Laboratorio de Radioecología de la Universidad de Estambul)

Por medio de radiotrazadores, el Sr. Belivermiş y sus colegas descubrieron que, expuestas a unas condiciones de agua de mar ligeramente acidificada, las almejas absorbían el doble de cobalto del que absorberían en condiciones de control equilibradas, mientras que otros organismos marinos, como las ostras, han mostrado un mayor grado de resiliencia. Esto pone de manifiesto que la acidificación de los océanos no solo plantea un riesgo para las almejas, sino también para las personas que las ingieren; el cobalto es un metal pesado necesario para el cuerpo humano en cantidades mínimas, pero que en concentraciones elevadas resulta tóxico. Esta situación puede tener consecuencias socioeconómicas más amplias en comunidades costeras como las de Turquía, que dependen de los alimentos de origen marino para el consumo local y la exportación a países europeos.

“La industria de la pesca, incluidos muchos acuicultores de Turquía, dependen de determinadas especies, como las almejas. Por esta razón, investigaciones de este tipo podrían ayudar a estos acuicultores a adaptarse a las condiciones cambiantes, lo que, a su vez, también contribuiría a proteger la economía pesquera del país”, afirma el Sr. Belivermiş.

El Sr. Belivermiş y su colega, Önder Kılıç, están tratando de ampliar su colaboración con el OIEA para estudiar los efectos a largo plazo de la acidificación de los océanos en el crecimiento, el valor nutricional y el estado de salud de especies utilizadas como alimentos de origen marino en Turquía, como el mejillón mediterráneo o el mújol.

“Algunas especies de mejillones viven hasta dos años”, afirma el Sr. Belivermiş. “Para poder estudiar el ciclo de vida completo de un organismo y comprender totalmente cómo se aclimata al agua acidificada, necesitamos experimentos mucho más duraderos”.

Entender los efectos a largo plazo de la acidificación de los océanos

Queda mucho por hacer para entender los efectos a largo plazo de la acidificación de los océanos a escala mundial. Aunque los estudios sobre organismos marinos suelen durar semanas o meses, si queremos comprender los efectos más realistas de los cambios en el océano a lo largo del tiempo se necesitan estudios multigeneracionales.

En 2019 se pondrá en marcha un proyecto coordinado de investigación cuatrienal del OIEA que reunirá a científicos para mejorar la comprensión de los efectos a largo plazo de la acidificación de los océanos en los organismos marinos. El proyecto tiene por objetivo subsanar las lagunas en los datos sobre las especies de alimentos de origen marino económica y socialmente importantes, así como estudiar estrategias de adaptación para los sectores de la acuicultura y la pesca.

Asimismo, el proyecto ayudará a los científicos a entender los efectos a largo plazo de la acidificación de los océanos en los nutrientes esenciales de los alimentos de origen marino, como los ácidos grasos insaturados, que aportan beneficios al sistema cardiovascular humano, y qué consecuencias podría tener en la salud humana. Los científicos utilizarán tanto técnicas convencionales como nucleares e isotópicas para estudiar las especies de alimentos de origen marino que aportan estos nutrientes, como las ostras, los mejillones, las gambas, las langostas y el pescado.

“Si bien los océanos son, por un lado, frágiles, por otro son bastante resilientes. Hemos observado que, gestionados correctamente, pueden recuperarse”, afirma David Osborn, Director de los Laboratorios del OIEA para el Medio Ambiente. “Lo importante es que seamos conscientes de las amenazas a las que estamos sometiendo a los océanos y su efecto combinado, y que destinemos recursos para comprender esos efectos y hacerles frente de forma proactiva y eficaz”.

BASE CIENTÍFICA

Las técnicas isotópicas y los efectos de la acidificación de los océanos en los organismos marinos calcificadores

La acidificación de los océanos incluye una serie de cambios en la química del agua de mar, como una disminución de su pH, lo que indica que la acidez está aumentando. Estos cambios son cuantificables: desde el inicio de la Revolución Industrial, el pH medio de los océanos ha disminuido en 0,11 unidades, lo que equivale a un aumento de la acidez de aproximadamente el 30 %.

Aunque es difícil estimar el impacto total de la acidificación de los océanos en la vida marina, sabemos que, por debajo de un pH determinado y de la correspondiente concentración de carbonatos, las condiciones se vuelven corrosivas para el carbonato de calcio, un componente fundamental que muchos organismos utilizan para formar su caparazón y su esqueleto. Esto puede dificultar la capacidad de estos organismos para generar caparazones y huesos, por lo que se vuelven frágiles y sus posibilidades de supervivencia disminuyen. Algunos corales, los caracoles de mar diminutos (pterópodos), las almejas y los mejillones (moluscos bivalvos) y el fitoplancton calcificador parecen ser especialmente sensibles a estos cambios.

Los científicos utilizan técnicas nucleares e isotópicas para estudiar la frecuencia de los procesos biológicos en organismos marinos como moluscos, ostras y corales. A fin de entender estos procesos, rastrean isótopos concretos, como el calcio 45 (Ca 45) o el carbono 14. Los isótopos son átomos de un mismo elemento que contienen igual número de protones pero diferente número de neutrones, lo que provoca que tengan un peso atómico distinto.

Por ejemplo, los científicos pueden utilizar el radiotrazador Ca 45 para medir la calidad de la calcificación y la velocidad a la que se produce este proceso, y de este modo determinar la rapidez a la que se forma el caparazón y el esqueleto y si se ha formado correctamente. Para ello, vierten una cantidad conocida de Ca 45 en un acuario lleno de agua de mar en el que también hay, por ejemplo, almejas. Al medir la cantidad de carbonato de calcio (CaCO₃) radiomarcado que absorben estos organismos a lo largo del tiempo, los científicos pueden evaluar este proceso de calcificación, y usan esta información para examinar atentamente las consecuencias de la acidificación de los océanos.

(Fotografía: N. Jawerth/OIEA)



Tecnología nuclear contra el cambio climático

Resultados del Foro Científico del OIEA de 2018

Brianna Hartley



(Fotografía: F. Nassif/OIEA)

La forma de abordar el cambio climático constituye el centro de los debates entre los responsables de formular políticas y los científicos por igual, pero si en algo coincidieron los expertos de diferentes disciplinas en el Foro Científico del OIEA de 2018 fue en que la tecnología nuclear *es* parte de la solución.

“Nos corresponde defender la tecnología nuclear y darla a conocer ampliamente”, afirmó la Princesa Sumaya bint El Hassan, Presidenta de la Sociedad Científica Real de Jordania, en la sesión de apertura del Foro Científico de 2018, “La Tecnología Nuclear y el Clima: Mitigación, Monitorización y Adaptación”, celebrado durante la sexagésima segunda reunión ordinaria de la Conferencia General del OIEA. “Hemos de lograr que el concepto de tecnología nuclear al servicio del clima sea claro, accesible y aceptable para todos. Debemos cerciorarnos de que el resto del mundo sea consciente de esto y de que se reconozca la importancia de la tecnología nuclear para combatir el cambio climático”.

En el Foro, que tuvo lugar los días 18 y 19 de septiembre de 2018, eminencias en la materia, entre ellas economistas, científicos y altos funcionarios de más de 20 países, examinaron maneras de ampliar el uso de la tecnología nuclear para monitorizar y mitigar el cambio climático y adaptarse a sus efectos.

La energía nucleoelectrica puede contribuir a limitar las emisiones de gases de efecto invernadero

Habida cuenta de que la producción de energía representa dos terceras partes de las emisiones de gases de efecto invernadero, los oradores destacaron la manera en que la energía nucleoelectrica —una fuente de energía limpia, fiable y económica de baja emisión de carbono— puede reducir las emisiones y, al mismo tiempo, asegurar la generación de suficiente energía para impulsar el crecimiento económico.

“Tenemos que basarnos en la ciencia y los hechos, pero también utilizar de inmediato tecnologías demostradas”, afirma Agneta Rising, Directora General de la Asociación Nuclear Mundial. “Con la energía nuclear, la economía se descarbonizará y crecerá al mismo tiempo”.

No obstante, además de esas ventajas, la energía nucleoelectrica presenta algunas dificultades. Aparte de los aspectos financieros y técnicos, muchos países señalan la aceptación pública como el principal obstáculo, explica Malcolm Grimston, Investigador Principal de la Facultad Imperial de Londres.

“¿Por qué un número significativo de personas conciben como la más peligrosa a la más segura de las fuentes de energía a gran escala?”, preguntó Grimston, que en su presentación analizó la forma en que la industria nuclear se comunica con el público y concluyó que para mejorar la aceptación pública la industria debería “tratar a la nuclear como a una industria normal con sus problemas normales”.



(Fotografía: F. Nassif/OIEA)

Datos exactos sobre el cambio climático

Según explicaron los oradores en la sesión del Foro dedicada a la monitorización y la medición del cambio climático, la recopilación de datos exactos sobre el cambio climático ayuda a los científicos y a las instancias decisorias a saber a qué cuestiones se enfrentan y qué medidas son necesarias para hacerles frente.

“La gente quiere tomar cartas en el asunto. Quiere saber qué emisiones puede reducir, cómo puede hacerlo y, sobre todo, si esas medidas tienen efecto”, dice Oksana Tarasova, Jefa de la División de Investigación sobre el Medioambiente Atmosférico de la Organización Meteorológica Mundial.

Los oradores de la sesión destacaron la versatilidad y la precisión de las técnicas isotópicas para la recopilación de datos: permiten tanto determinar el origen de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera y los océanos y medir esas emisiones como estudiar los recursos agrícolas y de agua dulce para que la gestión sea más sostenible.

“Estos conocimientos son importantes para disponer de datos mejores con que formular buenas políticas, pero muchos países no pueden ponerlos en práctica aún”, afirma Tarasova, que reclama más capacitación en estos métodos.

Adaptación a un medio cambiante

El cambio climático está dañando el planeta, a la vez que provoca condiciones ambientales más extremas, lo que dificulta el cultivo de alimentos, la conservación de los recursos naturales y la protección contra insectos nocivos. Sus efectos se sienten en los hogares, los ecosistemas y las economías de todo el mundo. No obstante, según los oradores

de la sesión del Foro sobre los efectos del cambio climático en la salud y la seguridad alimentaria, la tecnología nuclear puede ayudar a los científicos a encontrar soluciones climáticamente inteligentes para hacer frente a tales efectos.

“Debemos establecer sistemas que puedan con diversos desafíos”, afirma Natalia Alekseeva, Jefa del Equipo de Medidas Nacionales contra el Cambio Climático de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). “Por ejemplo, el uso de técnicas nucleares para crear nuevas variedades vegetales que sean tolerantes a las sequías y utilicen menos agua o fertilizantes y otras sustancias químicas contribuye a rediseñar los sistemas agrícolas de modo que sean más resistentes y sostenibles”.

Los expertos expusieron cómo las técnicas nucleares e isotópicas han contribuido a preservar los recursos hídricos y del suelo y a controlar las plagas de insectos, así como a mejorar la producción y la sanidad pecuarias. Asimismo, explicaron las maneras en que la tecnología nuclear ha contribuido también a superar dificultades relacionadas con el clima para garantizar la inocuidad de los alimentos y una mayor seguridad alimentaria, lo que supone a su vez una mejora de la nutrición y la salud.

En palabras de Ilmi Hewajulige, Directora Adjunta Superior e Investigadora Principal del Instituto de Tecnología Industrial del Ministerio de Ciencia e Investigación de Sri Lanka, la tecnología nuclear no puede resolver por sí sola los problemas del cambio climático, “pero podemos servirnos de ella para combatir muchos de ellos”.

Un joven químico filipino obtiene datos ambientales ausentes gracias a la ciencia nuclear

Miklos Gaspar



Wilfren Clutario, químico, recurrió a la ciencia nuclear para estudiar la forma en que el océano hizo frente a la contaminación causada por el intenso tifón de 2013.

(Fotografía: M. Gaspar/OIEA)

Cuando el químico ambiental Wilfren Clutario se propuso conocer el grado de contaminación del océano provocada por el tifón más intenso del mundo en haber tocado tierra, que se cobró más de 6000 vidas y asoló dos terceras partes de Tacloban en 2013, se encontró con un problema: no había datos de referencia.

“Podíamos medir la concentración de nitratos y materia orgánica en el mar, pero desconocíamos qué proporción era natural y qué proporción era consecuencia de la contaminación causada por el tifón”. El Sr. Clutario era, por aquel entonces, investigador en la Universidad Estatal de las Bisayas Orientales y empleaba técnicas convencionales para medir la concentración de diferentes compuestos en los lugares de muestreo. Las ráfagas de viento del tifón Haiyan, que alcanzó la ciudad el 8 de noviembre de 2013, provocaron olas parecidas a los tsunamis que arrastraron al océano restos de materiales orgánicos, contaminantes y cadáveres de seres humanos y animales.

Los investigadores y los responsables de formular políticas no sabían si el océano podría soportar el volumen de contaminación que se extendió por el océano durante el tifón, que podría haber transformado el lugar en una zona muerta durante decenios. Como explica el Sr. Clutario, tuvieron que determinar qué era contaminación y qué era natural para saber si había que adoptar medidas que ayudasen al océano a “digerir” esos restos, de modo que pudiera recuperar su estado natural de equilibrio.

Cuando planteó el problema de su investigación en una conferencia celebrada en 2015, Raymond Sugang, investigador superior del Instituto Filipino de Investigaciones Nucleares (PNRI) y especialista en el uso de técnicas isotópicas con fines de caracterización de la contaminación del agua, esperaba ansioso a que el Sr. Clutario terminase, impaciente por ofrecerle una solución. Ambos han estado trabajando en estrecha colaboración desde entonces. “Lo nuestro es como un matrimonio profesional fruto de la providencia”, señala el Sr. Sugang.

Además de haber aprendido a emplear las técnicas isotópicas para caracterizar el origen del nitrógeno y la materia orgánica, y su desplazamiento hasta el océano (véase el recuadro “Base científica”), con la ayuda del PNRI y el OIEA y en cooperación con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, el Sr. Clutario ha incorporado también el uso de esas técnicas al plan de estudios de la Escuela de Secundaria de Ciencias de Filipinas - Campus de las Bisayas Orientales, donde enseña. Desde entonces ha supervisado varios proyectos de investigación a cargo de alumnos de los últimos cursos de secundaria sobre el uso de esas técnicas para caracterizar la contaminación presente en las masas de agua dulce de la zona.

“No tenemos oficina en Tacloban, pero tenemos a Wilfren”, apunta el Sr. Sugang. Así es. Un soleado día de agosto de 2018, una de las aulas de dicha escuela congregó a investigadores de la ciudad y la provincia que participaron en una jornada de talleres del PNRI sobre el uso de las técnicas nucleares e isotópicas en una amplia gama de esferas.

“Puede hacerse mucho con las técnicas nucleares, pero casi todo el mundo, incluso en la comunidad científica, lo desconoce”, afirma el Sr. Clutario, que ha participado en cursos de capacitación dirigidos por el OIEA en Australia y Malasia para profundizar su conocimiento de la materia. “Entre el público, pero también entre los investigadores, el término ‘nuclear’ evoca únicamente la energía nucleoelectrónica, aunque abarca mucho más”.

En palabras del Sr. Carlo A. Arcilla, Director del PNRI, la difusión del uso de las aplicaciones nucleares en la comunidad científica es un aspecto fundamental de la misión del PNRI, que depende para ello de la asistencia de investigadores como el Sr. Clutario. “Llevamos a cabo talleres por todo el país para formar a los científicos”.

Proteger la cadena alimentaria

La investigación realizada por el Sr. Clutario ha puesto de manifiesto que las concentraciones relativamente elevadas de nitrógeno halladas en zonas comerciales y costeras eran naturales, y que las concentraciones relativamente más bajas en zonas protegidas y caladeros comerciales alejados podían vincularse a biomasa de origen terrestre, como los cadáveres.

“El nitrógeno es el trazador y nos muestra adonde fue a parar la contaminación”, explica el Sr. Clutario.

En la etapa siguiente deben estudiarse los peces y los sedimentos para determinar qué cantidad de esos contaminantes pasó a la cadena alimentaria. Es importante comprobar la concentración de metales pesados en el pescado debido a la posible presencia de sustancias tóxicas en el mar que habrían llegado ahí como parte de los restos.

El Sr. Clutario sigue tomando muestras que se analizan en las dependencias del PNRI próximas a Manila con un espectrómetro de masas de relaciones isotópicas donado por el OIEA mediante su programa de cooperación técnica. Los análisis determinarán si las concentraciones están disminuyendo y si ese proceso tiene lugar de manera natural. “Queda mucho más por hacer para conocer mejor el océano”, afirma.

Los catastróficos acontecimientos de 2013 marcaron al Sr. Clutario de por vida y, aunque la historia no se puede cambiar, asegura sentirse satisfecho de poder ayudar en los trabajos de rehabilitación.

“Cuando fui testigo de cómo el tifón y la marejada ciclónica acababan con mi ciudad y con la vida de muchos de mis conocidos, no podía imaginarme que algunos años después utilizaría técnicas nucleares para ayudar a Tacloban a afrontar las consecuencias del tifón”.

BASE CIENTÍFICA

Técnicas de isótopos estables

Los isótopos son átomos de un mismo elemento que tienen igual número de protones pero diferente número de neutrones. Aunque todos los isótopos de un elemento tienen las mismas propiedades químicas, el peso de estos varía en función de su número de neutrones. Esas diferencias de peso permiten a los científicos distinguir unos isótopos de otros al analizarlos con un espectrómetro de masas de relaciones isotópicas. Con ese método, pueden determinar la composición isotópica de un material.

En los estudios mencionados sobre la contaminación del agua, los investigadores hicieron un seguimiento de los isótopos estables del nitrógeno y el carbono. Las especies de distintos orígenes poseen niveles específicos y particulares de isótopos que son indicadores de los alimentos que consumen y el

medio en el que viven. Los científicos pueden estudiar esa composición isotópica y utilizarla a modo de identificación para determinar la presencia de diferentes tipos de materia orgánica en su entorno.

En el océano, las plantas, como las algas y las praderas marinas, y los animales estacionarios, como las ostras, pueden ofrecer abundante información a los científicos sobre la composición isotópica actual y pasada del medio. Puesto que son organismos que no se desplazan, a medida que toman alimentos del agua marina y maduran, su composición isotópica evoluciona y refleja el nivel de concentración de las distintas sustancias presentes en el océano en ese momento específico. Por tanto, los investigadores pueden medir la composición isotópica de dichas plantas y animales para conocer mejor la historia oceánica.

Más cerca de eliminar la brecha de género en la ciencia nuclear

Miklos Gaspar and Margot Dubertrand



Muhayatul Santoso, investigadora superior de la Agencia Nacional de Energía Nuclear (BATAN) de Indonesia, ha dirigido investigaciones pioneras sobre la contaminación del aire en todo el país.

(Fotografía: BATAN)

Según los expertos, las mujeres representan menos de la cuarta parte de la fuerza de trabajo en el sector nuclear a escala mundial, lo que perjudica no solo a la diversidad dentro de la industria, sino también a la competitividad. Numerosas organizaciones, entre ellas el OIEA, trabajan activamente para aumentar la proporción de mujeres en todas las categorías de empleo.

“Aunque son muchas las mujeres con talento y altamente cualificadas en la industria nuclear, seguimos estando claramente infrarrepresentadas. Aún queda trabajo por hacer”, dice Gwen Parry-Jones, Directora Ejecutiva de Desarrollo de Operaciones de la central nuclear Wylfa Newydd (Reino Unido). “La diversidad en el lugar de trabajo nos beneficia a todos, y yo apoyo plenamente las iniciativas que alientan a las mujeres a acceder al sector y las ayudan a encontrar vías para llegar a puestos de categoría superior”.

Las mujeres que han alcanzado puestos de liderazgo están haciendo una importante contribución. Muhayatul Santoso, investigadora superior de la Agencia Nacional de Energía Nuclear (BATAN) de Indonesia, ha dirigido investigaciones pioneras sobre el uso de técnicas nucleares para medir la contaminación del aire en muchas ciudades de ese país. Su labor contribuyó a que Bandung, la tercera ciudad más grande de Indonesia, recibiera en 2017 uno de los premios del programa “Ciudades Ambientalmente Sostenibles” de la ASEAN.

“La contaminación atmosférica es un problema grave en las zonas urbanas de Indonesia, donde un aumento de la actividad industrial y del tráfico ha provocado que la cantidad de sustancias tóxicas presentes en el aire sea cada vez mayor”, explica la Sra. Santoso. “Estoy orgullosa de poder ayudar a mi país a atajar este grave problema”.

Agneta Rising, Directora General de la Asociación Nuclear Mundial, es una especialista de primer nivel en los ámbitos de la energía nuclear y el medio ambiente. Durante su etapa como Vicepresidenta encargada de cuestiones medioambientales en Vattenfall AB, la empresa pública sueca de energía nucleoelectrica e hidroeléctrica, dirigió un departamento paneuropeo centrado en la energía, el medio ambiente y la sostenibilidad. Es también cofundadora y antigua Presidenta de Mujeres en el Ámbito Nuclear (WiN), organización que, con la Sra. Rising al frente, cuadruplicó su tamaño.

“Las mujeres son fundamentales para el desarrollo vigoroso del sector nuclear mundial. Para ser lo más competitiva posible, una empresa tiene que tener en nómina a los mejores profesionales. La industria nuclear debería disponer de programas para atraer y contratar a mujeres. De lo contrario, se estaría perdiendo la ventaja competitiva que podría proporcionarle el talento femenino”, afirma la Sra. Rising. “Una fuerza de trabajo que encarna mejor la diversidad de la sociedad, incluida la representación de las mujeres, también ayuda a cimentar la confianza de la sociedad en las tecnologías nucleares”.



Estudiantes filipinas realizan experimentos prácticos para adquirir conocimientos sobre la ciencia nuclear.

(Fotografía: M. Gaspar/OIEA)

En la actualidad, las mujeres representan únicamente el 22,4 % de la fuerza de trabajo en el sector nuclear, según datos del OIEA.

Mujeres en el Ámbito Nuclear

El objetivo de WiN, una organización sin ánimo de lucro con 35 000 miembros en 109 países, es trabajar para que las mujeres desempeñen funciones de mayor peso en la ciencia y la tecnología nucleares y sensibilizar acerca de la importancia del equilibrio de género en campos tradicionalmente dominados por los varones. La organización también promueve estas esferas entre las mujeres inmersas en la toma de decisiones sobre su futuro profesional.

“Si bien va en aumento su proporción en puestos técnicos superiores en todas las ramas de la ciencia y la tecnología nucleares, las mujeres siguen estando infrarrepresentadas”, apunta Gabriele Voigt, Presidenta de WiN y antigua responsable de instalaciones y laboratorios nucleares en Alemania y en el OIEA.

“El problema radica, en parte, en que son muy pocas las jóvenes que, en la enseñanza secundaria y superior, estudian ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas”, comenta. “Otros problemas son el techo de cristal y los sesgos —conscientes o inconscientes—, cuestiones que son omnipresentes y que es difícil abordar en el entorno laboral”.

WiN está contribuyendo a que cambie esta situación exponiendo cada vez más a las niñas, desde una edad temprana, a temas relacionados con el ámbito nuclear, tejiendo una red sólida de mujeres y dando acceso a figuras que sirvan de modelo para la próxima generación. Algunos países, en algunos casos con ayuda del OIEA, están dando a conocer la ciencia nuclear a los estudiantes de educación secundaria, y especialmente entre las niñas.

“Presentar la ciencia, y particularmente la ciencia nuclear, a las niñas a una edad temprana es la mejor manera de conseguir que aumente el porcentaje de científicas en este ámbito”, señala Micah Pacheco, supervisora regional de ciencias del Ministerio de Educación de Filipinas, bajo cuya supervisión varios colegios en la zona de Manila han implantado programas educativos sobre ciencia y tecnología nucleares. “Habría que hacer que las chicas vean que lo nuclear es divertido”.

Los avances en el OIEA en materia de paridad de género

Al final de 2017, el porcentaje de mujeres en el cuadro orgánico y categorías superiores del OIEA era del 29 %, en comparación con el 22,5 % de 10 años antes. El Director General Yukiya Amano ha anunciado que le gustaría lograr la paridad de género entre los funcionarios de la categoría más alta para 2021.

“El Organismo ha adoptado medidas concretas para mejorar la representación de las mujeres en la Secretaría a través de iniciativas de contratación dirigidas a grupos específicos y actividades de sensibilización, y hemos visto una mejora en la representación de las mujeres en el Organismo”, afirma Mary Alice Hayward, Directora General Adjunta y Jefa del Departamento de Administración del OIEA. “Con todo, somos conscientes de los desafíos que persisten. La igualdad de género en el lugar de trabajo exige algo más que mejorar las estadísticas; supone también asegurarse de que el OIEA sea un lugar en el que las mujeres quieren trabajar”.

Para ello hay que crear un entorno favorable, que ofrezca, por ejemplo, modalidades de trabajo flexible que permitan al personal conciliar las responsabilidades laborales y las familiares, así como realizar campañas especiales de divulgación dirigidas a las mujeres jóvenes en las que se pongan de relieve los beneficios de trabajar en el OIEA.

La División de Tecnología de la Información constituye un ejemplo de éxito en el logro de la paridad de género en los puestos superiores en el OIEA. Aunque se trata de un campo históricamente dominado por los hombres, gracias a una campaña y estrategia activas de búsqueda de candidatas se logró llegar a muchas candidatas calificadas.

En la Oficina de Asuntos Jurídicos, el personal del cuadro orgánico está compuesto en su mayoría por mujeres.

“No solo tenemos una Directora, sino que dos de los tres jefes de sección también son mujeres, lo que significa que las mujeres representan el 75 % del personal superior”, explica la Directora Peri Lynne Johnson. “Además, tenemos 11 abogadas y 10 abogados, y tratamos de garantizar la paridad entre nuestros pasantes”.

Cómo puede ayudar el OIEA a resolver la paradoja de la innovación

Entrevista al Economista Principal de Crecimiento Equitativo del Banco Mundial

Aleksandra Peeva



Aunque las nuevas tecnologías tienen potencial para impulsar el desarrollo de un país, un estudio de 2017 del Banco Mundial sugiere que muchos países en desarrollo invierten relativamente poco en llevar a la práctica ese potencial.

¿Por qué?

*Para averiguarlo, hablamos con William F. Maloney, Economista Principal de Crecimiento Equitativo, Finanzas e Instituciones del Grupo Banco Mundial y coautor del libro *The Innovation Paradox: Developing-Country Capabilities and the Unrealized Promise of Technological Catch-Up* (La paradoja de la innovación: las capacidades de los países en desarrollo y la promesa incumplida de la actualización tecnológica). El Sr. Maloney nos da su opinión sobre la paradoja de la innovación y la manera en que el OIEA podría ayudar a los países a aprovechar al máximo su potencial tecnológico.*

P: Según muestran los resultados de su último estudio, los países en desarrollo están desaprovechando una gran oportunidad al no invertir lo suficiente en investigación y desarrollo (I+D). ¿A qué cree que se debe y cómo podría revertirse la situación?

R: Pese a que existe la percepción errónea generalmente aceptada de que la innovación es un flujo de grandes ideas, lo cierto es que la innovación es la acumulación de conocimiento. Asimismo, es importante mencionar que los países en desarrollo pueden beneficiarse no solo de las tecnologías más recientes, sino que también pueden sacar un enorme provecho de tecnologías existentes ya consolidadas, como algunas técnicas nucleares, y con las que hay que experimentar.

No obstante, son muchos los factores que pueden impedir que los países y las empresas obtengan los beneficios que creemos que podrían conseguir al invertir en tecnología. En el estudio sobre la paradoja de la innovación ofrecemos dos explicaciones del porqué no se hace un mayor uso de la tecnología.

La primera es la ausencia de los factores de producción complementarios necesarios para la innovación. Estos factores pueden incluir la falta de acceso a personal cualificado, a la maquinaria necesaria, a financiación o a capacidades directivas. Este último, que nos parece especialmente importante, es fundamental, porque el personal directivo que no es capaz de organizar su planta de producción o de elaborar un plan de crecimiento a largo plazo tampoco suele ser capaz de identificar nuevas tecnologías e implementarlas o de emprender actividades de I+D.

La segunda, la información. Las personas, los gobiernos y las empresas no son conscientes de lo que no saben. Uno de los principales recursos a los que las empresas no suelen recurrir son los programas de mejoramiento de la gestión, en los que un experto externo analiza el rendimiento de una empresa y sugiere un plan de mejora. Se ha demostrado que estos programas tienen un gran impacto en la productividad y la innovación, entre otros motivos porque las empresas a menudo sobreestiman considerablemente lo bien que se comportan en términos de la calidad de la gestión y de capacidades tecnológicas en comparación con las mejores empresas y, en consecuencia, no son conscientes de lo mucho que pueden mejorar.

P: Su estudio demuestra que los gobiernos y el sector privado de los países en desarrollo tienen que trabajar codo a codo para que las iniciativas centradas en I+D tengan éxito. ¿Qué papel podrían desempeñar organizaciones internacionales como el Banco Mundial y el OIEA?

R: Cuanto más nos alejamos de la frontera tecnológica, más complejos se vuelven los problemas. En los países en desarrollo suelen darse varios problemas de manera simultánea: por un lado, sus sistemas educativos son endebles; por el otro, la marcha de los mercados financieros y del entorno comercial es pobre. A todo ello hay que sumar que, a menudo, los gobiernos tampoco funcionan muy bien. Esto significa que muchos países en desarrollo pueden verse atrapados en una situación en la que carecen de las capacidades para arreglar las cosas que necesitan arreglo a fin de poder adoptar tecnologías y valerse de ellas para crecer.

Vemos con frecuencia que hay gente que importa modelos de negocio de países avanzados a países en desarrollo. Sin embargo, estos modelos a menudo no funcionan porque los obstáculos son distintos en los países en desarrollo y los incentivos de los modelos están concebidos para una situación diferente. Por ejemplo, un país avanzado puede tener unas tasas de innovación bajas como consecuencia de problemas corrientes, como la incapacidad de las empresas para aprovechar plenamente los frutos de su esfuerzo de innovación, de modo que se centra en sistemas de patentes, institutos de investigación pública, deducciones fiscales o subsidios para la I+D. En los países en desarrollo, sin embargo, puede ser que no existan empresas capaces de llevar a cabo un proyecto de I+D o que no dispongan del capital humano para emprenderlo, lo que significa que las políticas deben centrarse ante todo en esas esferas.

Organizaciones internacionales como el Banco Mundial y el OIEA pueden ayudar a fortalecer los gobiernos, detectar las principales barreras a la innovación y la adopción de tecnologías y prestar asistencia en la formulación de políticas adecuadas para mitigar esos problemas. Con el tiempo, esto dará lugar a estructuras de innovación más sofisticadas en los países en desarrollo.

P: El OIEA no es una organización donante; nuestros conocimientos especializados se centran en la transferencia de conocimiento y de tecnología a los Estados Miembros, en particular a los países en desarrollo, aspectos que son cruciales para el desarrollo sostenible a largo plazo. En este contexto, ¿de qué manera podría el OIEA ayudar mejor a los países a resolver la paradoja de la innovación?

R: La transferencia de tecnología es un factor fundamental para el crecimiento, y, para facilitarla, habrá que solucionar las cuestiones que he mencionado: ofrecer información y creación de capacidad. La solución no pasa nunca por limitarse a proporcionar una máquina; se trata más bien de garantizar la presencia de factores complementarios, como un capital humano altamente capacitado. El OIEA posee los conocimientos técnicos y a los expertos con la formación científica adecuada para ayudar a capacitar a las personas a fin de que reconozcan las oportunidades para la transferencia de tecnologías y desarrollen las capacidades para transferirlas. Esto es fundamental para muchos países con escaso capital humano, porque si no hay ingenieros o científicos cualificados para identificar dónde y cómo puede aplicarse una tecnología, la idea no se transferirá, aun cuando el entorno empresarial sea razonablemente propicio.

Establecer vínculos con instituciones extranjeras puede facilitar el flujo de información y crear más conciencia en los países sobre las tecnologías existentes. Esta es otra esfera fundamental en la que el OIEA podría prestar asistencia a los Gobiernos.

Ciencia y tecnología nucleares: Malasia avanza por el camino de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible

Mohd Abdul Wahab Yusof

Las actividades nucleares en Malasia se remontan a 1897, cuando los rayos X empezaron a utilizarse por primera vez en un hospital de Taiping, en el estado de Perak. Desde este modesto comienzo, la tecnología nuclear en Malasia evolucionó y prosperó con el establecimiento en 1973 del PUSPATI (posteriormente, el Organismo Nuclear Malasio). Esta esfera empezó a ganar actividad y dinamismo con la puesta en servicio en 1982 del reactor TRIGA PUSPATI, el primer reactor nacional de investigación.

Los usos pacíficos de la tecnología nuclear han repercutido positivamente en el desarrollo socioeconómico del país al mejorar la calidad de vida, aumentar el bienestar social y contribuir al producto interno bruto (PIB). Partiendo de un estudio anterior, en la actualidad estamos cuantificando la contribución de valor agregado que la tecnología nuclear aporta al PIB global y al crecimiento económico del país.

Malasia se propone transformar y modernizar la industria alimentaria y agrícola para convertirla en un sector sostenible y de ingresos elevados. Para ello, entre otras cosas, será necesario lograr una seguridad alimentaria, mejorar la productividad y superar los efectos del cambio climático en la sostenibilidad de las prácticas agrícolas. Estamos examinando la posibilidad de utilizar la agricultura de precisión para gestionar diversos factores, como las características meteorológicas, las condiciones del suelo y la temperatura, y darles respuesta. Se ha descubierto que la NMR152, una nueva variedad de arroz desarrollada mediante técnicas nucleares, mitiga los efectos del cambio climático al ser capaz de resistir a períodos de sequía e inundaciones. El Invernadero Gamma, la única instalación en la que se realizan actividades de mutagénesis crónica en Asia Sudoriental, puede favorecer más los avances en agricultura climáticamente inteligente.

Los ensayos industriales que utilizan tecnología nuclear han contribuido también a la competitividad de la industria manufacturera de Malasia mediante la creación de un nicho de mercado para la exportación en Asia Sudoriental que ofrece ensayos no destructivos a fabricantes de países vecinos. Asimismo, en la esfera del tratamiento por irradiación se han obtenido numerosos materiales y compuestos nuevos que presentan características convenientes para la fabricación de productos sanitarios, cables y plástico biodegradable, entre otras cosas. Actualmente, el Organismo Nuclear Malasio colabora con PROTON, un fabricante de automóviles, para producir y probar un material aislante radiológico para cables capaz de resistir temperaturas elevadas a fin de mejorar la seguridad de los automóviles. La designación del Organismo Nuclear Malasio como centro colaborador del OIEA en

materia de ensayos no destructivos y tratamiento por irradiación es un reconocimiento de los logros del país en esos ámbitos, así como de la estrecha y valiosa cooperación entre Malasia y el OIEA en diversas actividades llevadas a cabo en la región, entre otras, la investigación, el desarrollo y la capacitación.

Malasia sigue decidida a lograr el acceso universal a una atención sanitaria de calidad intensificando las actividades encaminadas a mejorar los servicios de atención sanitaria, en particular en las esferas de la medicina en que se utiliza la radiación, como la radiología, la radioterapia y la medicina nuclear. Seguiremos fomentando y mejorando el uso de la radiación en medicina para el bienestar social. Las técnicas nucleares son decisivas para la detección precoz, el diagnóstico, el tratamiento y la atención del cáncer. La esfera de la medicina radiológica en Malasia ha crecido considerablemente desde el siglo XIX, fruto de lo cual en 2006 se estableció la primera instalación de ciclotrón y tomografía por emisión de positrones/tomografía computarizada, que supuso el primer paso para la creación del Instituto Nacional del Cáncer. Hoy en día, más de 20 hospitales del país utilizan la tecnología nuclear con fines de diagnóstico o tratamiento.

Para continuar destacando entre otros países en el ámbito de la tecnología nuclear, Malasia tiene que seguir tendencias tecnológicas como la Industria 4.0, la Internet de las cosas y los planes nacionales e internacionales, como la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. El desarrollo sostenible ha sido el aspecto más importante del enfoque de desarrollo de Malasia desde la década de 1970, en especial la erradicación de la pobreza, la mejora del bienestar de la población, el acceso universal a la enseñanza y la preservación del medioambiente. En el contexto malasio, la Agenda 2030 es un reflejo del Nuevo Modelo Económico y el 11º Plan de Malasia.

Entonces, ¿qué nos espera? En el futuro, la fusión entre la tecnología nuclear y otras tecnologías será más generalizada. Estoy convencido de que la tecnología nuclear seguirá



Mohd Abdul Wahab Yusof,
Director General,
Organismo Nuclear Malasio

creciendo, en particular integrándose con nuevas tecnologías, como la nanotecnología, la biotecnología y la tecnología de la información y las comunicaciones. Esto es importante para nosotros, sobre todo ante dificultades como la adquisición de tecnología, lo que puede cobrar más importancia con el tiempo y garantizar un desarrollo y una competitividad económica mayores, de modo que Malasia pueda convertirse en un país totalmente industrializado y de ingresos altos.

Como parte de nuestra preparación para hacer frente a dificultades futuras, deberá mejorarse la localización y el desarrollo de tecnología nacional para que los productos y

servicios del futuro se adapten a la demanda del momento. Sin lugar a duda, la ciencia y la tecnología nucleares han contribuido al desarrollo socioeconómico del país generando empleo, creando nuevas oportunidades comerciales, fomentando el desarrollo del capital humano y mejorando la calidad de los servicios de atención sanitaria. Su uso ha expuesto a Malasia a la tecnología avanzada, lo que ha hecho que mejoren los productos y la calidad de los servicios, así como las capacidades terapéuticas y de diagnóstico en medicina, además de ofrecer al sector agrícola los medios para producir cultivos nuevos y mejores.



Científicas malasias emplean técnicas nucleares para producir nuevos vegetales que tengan características convenientes como tolerancia a la humedad y un mayor rendimiento.

(Fotografía: M. Gaspar/OIEA)

Responder a la llamada de un mundo en evolución: la tecnología nuclear hoy y mañana

Aldo Malavasi, Director General Adjunto y Jefe del Departamento de Ciencias y Aplicaciones Nucleares del OIEA

Aunque la ciencia y la tecnología nucleares trabajen a una escala invisible a simple vista, son muchos los ámbitos de la vida en que la repercusión de esta labor atómica es clara. Por ejemplo, sirve para potenciar la seguridad alimentaria ayudando a los agricultores a producir más alimentos, ahorrar agua y defenderse de las plagas de insectos. Por su parte, los médicos y otros profesionales de la salud la emplean para tratar a pacientes y salvar vidas. También se aplica, entre otras cosas, para garantizar la seguridad de productos como los aviones y los neumáticos de automóviles, para limpiar la contaminación ambiental y para preservar bienes culturales.

Sin embargo, a medida que el mundo va cambiando, los retos del desarrollo también lo hacen, exigiendo herramientas y métodos nuevos. La tarea de responder a esta llamada recae en la comunidad científica nuclear, incluido el OIEA.

Investigadores de todo el mundo trabajan con los expertos y en los laboratorios del OIEA para emplear técnicas nucleares e isotópicas con miras a afrontar los nuevos desafíos mundiales, como el cambio climático, satisfacer las necesidades crecientes en materia nutricional y médica de una población mundial cada vez más numerosa y contribuir a la expansión de la industrialización para el desarrollo.

Algunos resultados del trabajo innovador de que ya estamos siendo testigos en la esfera de la ciencia nuclear comprenden, entre otros, formas novedosas de hacer frente a plagas de insectos, como los mosquitos portadores de enfermedades, utilizando la técnica de los insectos estériles, y nuevas variedades de plantas que pueden soportar nuevas condiciones climáticas sin dejar de tener un gran rendimiento. Los científicos también están estudiando el creciente problema de la contaminación que generan los plásticos y la forma de hacer frente a las partículas de ese material que entran en nuestra cadena alimentaria a través del océano. También se están desarrollando nuevos métodos para vigilar virus y enfermedades mortales, como el ébola, y crear vacunas nuevas e irradiadas que beneficien a personas y animales.

Con los avances de la tecnología nuclear, los científicos están descubriendo nuevas formas de usar la radiación con mayor precisión y eficacia para diagnosticar y tratar enfermedades como el cáncer, de modo que se puedan salvar más vidas y mejorar la calidad de vida de los pacientes. También están logrando avances en otros campos de la medicina, como la neuropsiquiatría, con el uso de la imagenología molecular para el diagnóstico temprano de enfermedades como el Alzheimer.

Detrás de todo este ambicioso trabajo de investigación y desarrollo se encuentra el OIEA. El mandato de “Átomos para la paz y el desarrollo” del OIEA refleja la amplitud del ámbito y las oportunidades para que la ciencia y la tecnología nucleares contribuyan al bienestar del ser humano y al desarrollo sostenible. El OIEA brinda una plataforma para la colaboración científica, la investigación y el desarrollo, así como la capacitación, en una amplia variedad de esferas de desarrollo, entre las que se cuentan la alimentación y la agricultura, la protección del medio ambiente, la gestión del agua, el desarrollo industrial y la salud humana.



Los beneficios de la ciencia y la tecnología nucleares se dejan sentir en todos los rincones del planeta mediante el programa de cooperación técnica del OIEA y las actividades coordinadas de investigación, que se llevan a cabo en más de 145 países cada año, con el apoyo de los 12 laboratorios especializados del OIEA en Austria y Mónaco.

Para ayudar a mantener la tecnología nuclear a la vanguardia del desarrollo mundial, se está llevando a cabo una modernización completa de varios laboratorios del OIEA, lo cual garantizará que sigan siendo flexibles y capaces de responder con rapidez a las necesidades y emergencias que vayan surgiendo en todo el mundo. El flamante Laboratorio de Lucha contra Plagas de Insectos, terminado en 2018, contribuirá a seguir mejorando las técnicas nucleares que son fundamentales para combatir las plagas de insectos que pueden acabar con cosechas y afectar al ganado y las poblaciones humanas. En noviembre de 2018 se inauguró el Laboratorio Modular Flexible, que alberga otros tres laboratorios centrados en las técnicas nucleares más recientes relacionadas con la producción ganadera y la salud, comprendida la lucha contra las enfermedades zoonóticas como el ébola y el Zika; la protección de los alimentos y el medio ambiente, que comprende las técnicas forenses para rastrear el origen de determinados productos a fin de combatir el fraude alimentario, y la gestión de suelos y aguas y la nutrición de los cultivos para preservar los escasos recursos.

durante la producción agrícola. Además, se está construyendo un búnker de dosimetría que albergará un nuevo acelerador lineal. Se prevé que el acelerador entre en funcionamiento en 2019 y preste servicios de dosimetría a hospitales para que puedan calibrar y utilizar de forma segura la radiación para el tratamiento de pacientes.

Las alianzas del OIEA siguen ampliando el alcance de la ciencia y la tecnología nucleares. Entre esas alianzas cabe citar la singular división mixta creada junto con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura en 1964; la colaboración oficial desde 1976 entre el OIEA y la OMS; los Laboratorios del OIEA para el Medio Ambiente en Mónaco, que actualmente albergan el Centro Internacional de Coordinación sobre la Acidificación de los Océanos, y la red mundial de laboratorios ALMERA, creada en 1995 para apoyar el trabajo de medición de los niveles de radiactividad ambiental en caso de emisión accidental o intencionada de radiactividad.

Las alianzas del OIEA también incluyen 31 centros colaboradores del OIEA en todo el mundo (véase el recuadro). Estos centros colaboran con el OIEA para realizar investigaciones y proporcionar capacitación en ciencia nuclear, lo que permite que los científicos y el OIEA compartan recursos y conocimientos generales y especializados de forma eficaz. Esta red irá creciendo a la vez que los países y el OIEA trabajen juntos para determinar nuevos centros colaboradores.

El apoyo del OIEA y su singular red mundial de laboratorios, centros colaboradores y alianzas están contribuyendo a allanar el camino. A medida que vayan evolucionando las necesidades de desarrollo de los países, estos contarán con el apoyo del OIEA, que les ayudará a acceder al uso de los átomos para la paz y el desarrollo y a beneficiarse de dicho uso. Y con los continuos avances e innovaciones tecnológicos, las excepcionales herramientas que nos otorga el átomo seguirán contribuyendo al bienestar de la humanidad por muchos años.

Conectar a los científicos de todo el mundo

Los centros colaboradores del OIEA forman una red que se extiende por todos los continentes: desde África, Asia y Oceanía hasta Europa, pasando por el Oriente Medio y América del Norte y del Sur. Un centro colaborador es una organización o instituto científico que ofrece una instalación y una serie de habilidades en un campo concreto relacionado con la tecnología nuclear, como la irradiación de los alimentos, la medición de la radiactividad ambiental, los efectos de la radiación en la salud, los ensayos no destructivos o la gestión del agua.

Los centros, que se eligen por su capacidad, disposición y preparación para contribuir directamente a proyectos y actividades concretos del OIEA, trabajan con el Organismo en un plan mutuamente acordado para apoyar y ampliar el uso de la ciencia y la tecnología nucleares en todo el mundo. La cooperación está pensada para alentar la investigación y el desarrollo originales, a la vez que se ayuda a los científicos a intercambiar conocimientos especializados y recursos, preparar materiales de referencia, validar métodos y facilitar la capacitación. Estas actividades, a su vez, ayudan a los países, tanto si cuentan con centros colaboradores como si no, a conseguir apoyo científico para perseguir sus objetivos de desarrollo y alcanzar las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas.

“Mediante la red de centros colaboradores, los Estados Miembros pueden ayudar al OIEA realizando actividades de investigación y desarrollo originales, así como de capacitación, en relación con las tecnologías nucleares. Esto alienta los estudios científicos y la cooperación entre los Estados Miembros, lo que hace de los centros colaboradores uno de los mecanismos fundamentales de cooperación del OIEA”, explica Sasha Damjanac, Jefe de la Sección de Administración de Contratos de Investigación del OIEA.

En 2018 había 31 centros colaboradores en activo en todo el mundo, y en varios países se estaba discutiendo la posibilidad de abrir nuevos centros.

— Sarah Kiehne

Se anunciaron los ganadores de la convocatoria abierta del OIEA sobre materiales para la tecnología de fusión



En octubre de 2018, un equipo formado por cuatro científicos del Instituto Max Planck de Física del Plasma y del Centro Max Planck de Computación y Datos en Garching (Alemania) fue elegido ganador de la convocatoria abierta del OIEA sobre visualización, análisis y simulación de materiales con que construir reactores de fusión.

La fusión nuclear —la reacción nuclear que alimenta al Sol— podría, con el tiempo, proporcionar una cantidad ilimitada de energía limpia y asequible sin emisiones de carbono utilizando isótopos del hidrógeno obtenidos a partir de agua y litio. No obstante, aprovechar la energía de fusión de una forma que sea comercialmente viable entraña importantes desafíos tecnológicos, como proteger las paredes y otros componentes de la vasija del reactor frente a temperaturas extremadamente elevadas y las partículas de alta energía.

En total, 14 equipos de investigadores de 10 países presentaron análisis innovadores de simulaciones del daño a las paredes del reactor, que puede ser ocasionado por los neutrones de alta energía emitidos por una reacción termonuclear. Los criterios para evaluar las simulaciones fueron el beneficio científico, la novedad del propio algoritmo o de su uso en la ciencia de los materiales y la utilidad de la visualización y su repercusión prevista.

“Algunos de los trabajos presentados eran ciertamente extraordinarios; fue casi como organizar un torneo de fútbol local y que al final se presentara una selección ganadora de la Copa del Mundo”, explica

Sergei Dudarev, Director del Programa de Materiales de la Autoridad de Energía Atómica del Reino Unido y uno de los artífices del concurso.

Los miembros del equipo ganador —Udo von Toussaint, Javier Domínguez, Markus Rampp y Michele Compostella— aplicaron por primera vez una técnica que ya existe en el aprendizaje automático y la ciencia de los datos con la finalidad de identificar y clasificar las estructuras de defectos en los cristales dañados de la simulación.

“Esta solución abre las puertas a una forma nueva y productiva de categorizar automáticamente las estructuras de defectos y, por consiguiente, deducir, de forma cuantitativa, los factores y diferencias comunes entre los materiales”, explica Arjan Koning, Jefe de la Sección de Datos Nucleares del OIEA. “En el contexto del estudio de materiales para la cámara de vacío de un reactor de fusión como el ITER, proporciona una forma efectiva de medir, clasificar y visualizar el daño que los neutrones de alta energía emitidos por un reactor de fusión ocasionan a un material determinado. La búsqueda de un material apropiado con el que construir la primera pared de la vasija del reactor es un paso crucial para establecer una central de fusión viable”.

El enfoque presenta varias ventajas respecto a los métodos actuales, entre las que cabe destacar las siguientes:

- permite identificar y clasificar automáticamente tipos de defectos nuevos o imprevistos;

- se basa en una combinación de algoritmos claros y potentes que proceden de la ciencia de datos;
- puede distinguir entre los defectos verdaderos y las pequeñas distorsiones temporales causadas por el movimiento térmico de los átomos, y
- es lo suficientemente rápido para ser aplicado durante la evolución del daño simulado que sufre el cristal a lo largo del tiempo a fin de entender mejor cómo se forman, se combinan y, en algunos casos, llegan a desaparecer los defectos a medida que los átomos recuperan sus posiciones iniciales en la red cristalina.

Hasta ahora, la identificación y la clasificación de los defectos eran tareas que exigían una gran cantidad de trabajo y de tiempo y, por tanto, solían realizarse únicamente al final de las simulaciones moleculares. Este nuevo algoritmo puede aplicarse durante la simulación del defecto del cristal en cada etapa, lo que puede arrojar luz sobre cuándo se producen y desaparecen determinados tipos de defectos. Esto da mucha más información sobre el sistema, apenas accesible hasta ahora, y permite distinguir entre los tipos de defecto que probablemente permanecerán durante largo tiempo y los que no.

“Esperamos que nuestro enfoque acelere considerablemente el análisis de las simulaciones de dinámica molecular”, declara el Sr. von Toussaint. “La potencia informática está aumentando y las capacidades manuales son limitadas. Toda tarea que se pueda asignar a una computadora en lugar de a una persona acelera el desarrollo científico”.

Según explicó el Sr. von Toussaint, los ganadores pondrán su programa a disposición de cualquier parte interesada de forma gratuita y en código abierto. Otras instituciones y expertos —principalmente, científicos de materiales— podrían utilizarlo para analizar los resultados de sus simulaciones, en particular las relacionadas con el daño por radiación en sólidos.

“El OIEA planea aprovechar el éxito de este concurso para desarrollar una

aplicación de computación distribuida que puedan descargar voluntarios para llevar a cabo simulaciones del daño causado en los materiales destinados a actividades relacionadas con la fusión”,

informa el Sr. Koning. Este proyecto podría aumentar considerablemente la velocidad a la que se pueden examinar los nuevos materiales candidatos para un reactor de fusión y mejorará aún más la

comprensión que tienen los científicos del comportamiento de estos materiales en esas condiciones extremas.

— *Christian Hill y Aleksandra Peeva*

El curso de aprendizaje electrónico del OIEA sobre activación neutrónica ayuda a científicos de 40 países



Tanto si se trata de resolver crímenes históricos como de determinar la causa de la desaparición de una playa en Jamaica o la calidad del aire en tu gimnasio, la activación neutrónica es un método consolidado para averiguar la composición y el origen de los materiales que, gracias a una herramienta de aprendizaje electrónico desarrollada por el OIEA, investigadores de 40 países pueden ahora aplicar.

La activación neutrónica es un tipo común de análisis que se realiza en cerca de la mitad de los 238 reactores de investigación en funcionamiento en todo el mundo, así como en algunas fuentes de neutrones basadas en aceleradores. La técnica, de gran sensibilidad, puede revelar la concentración atómica de un átomo en concreto entre un millón, sin alterar ni destruir el material. Esta precisión ofrece ventajas respecto a otros métodos analíticos y resulta especialmente útil para realizar análisis volumétricos y estudiar materiales únicos que deben preservarse.

La técnica consiste en irradiar átomos estables con neutrones y, posteriormente, medir el decaimiento, o la radiación, de los elementos de la muestra. Los científicos emplean esta técnica para determinar la firma química de plásticos, metales, vidrio, tierra y partículas de aire, entre otros.

“Hoy los principales campos de aplicación de este método son las ciencias ambientales, la arqueología,

el patrimonio cultural e incluso la criminalística”, explica Nuno Pessoa Barradas, Especialista en Reactores de Investigación del OIEA. “Sin embargo, los investigadores en estos campos no tienen necesariamente formación en física nuclear, por lo que tal vez no sepan sacar el máximo provecho a la técnica”.

Crear conocimientos

A fin de subsanar esa falta de conocimientos y atender a la demanda creciente, el OIEA, a través del proyecto de cooperación técnica titulado “Creación de redes para programas de enseñanza, capacitación y divulgación en la esfera nuclear sobre ciencia y tecnología nucleares”, diseñó un curso de aprendizaje electrónico sobre análisis por activación neutrónica. El instrumento, que se puso en marcha a finales de 2017, responde a las necesidades tanto de principiantes como de profesionales especializados con un nivel avanzado.

En octubre de 2018, el curso de capacitación en línea logró un hito: en menos de un año se habían inscrito participantes de 40 de los 52 países con reactores de investigación en funcionamiento. Varios institutos usan este instrumento para formar a su personal y al alumnado, incluido a nivel universitario.

“Tenemos frecuentes cambios en la plantilla y la capacitación de los nuevos trabajadores requiere bastante

tiempo, especialmente en un campo tan especializado”, explica Katalin Gméling, del Centro de Investigaciones Energéticas de Hungría. “El material de aprendizaje electrónico ofrece un gran conjunto de información para formar a trabajadores recién llegados y actualizar los conocimientos del personal superior”.

La activación neutrónica, descubierta en 1935 por el químico de origen húngaro George de Hevesy y la física germanodanesa Hilde Levi, resultó ser en un principio un instrumento útil para medir la masa de las tierras raras.

En las últimas décadas, se han encontrado otros usos para este método, como proporcionar pruebas adicionales para resolver crímenes históricos. En 2013 se aplicó la activación neutrónica a un pelo de bigote para refutar la teoría según la cual el noble danés Tycho Brahe había muerto envenenado con mercurio. Sus valiosas notas fueron heredadas por su ayudante —y principal sospechoso—, el matemático y astrónomo Johannes Kepler, que enunció las leyes del movimiento planetario.

Más recientemente, después de que de la playa de Coral Springs, en Jamaica, se robara una cantidad de arena que podría llenar 500 camiones, las autoridades locales se unieron al Centro Internacional de Ciencias Ambientales y Nucleares para aplicar la activación neutrónica a fin de comprobar el origen de la arena de las playas en las que se sospechaba había acabado la arena sustraída, consiguiendo así pruebas adicionales para el caso.

Hoy la activación neutrónica también se usa en el estudio y el análisis de la calidad del aire en espacios cerrados (por ejemplo, en escuelas y centros deportivos) para ayudar a determinar la cantidad y el origen de los contaminantes presentes en el aire.

En septiembre de 2018, el instrumento de aprendizaje electrónico sobre análisis por activación neutrónica fue sometido a

revisión en un taller celebrado en la Sede del OIEA en Viena.

“La intención es que el instrumento pueda actualizarse y ampliarse

constantemente, conforme evoluciona este campo, para incluir distintos protocolos de laboratorio y áreas de investigación”, explica el Sr. Barradas.

Se prevé que la primera versión revisada esté disponible a principios de 2019.

— *Luciana Viegas*

Egipto y el Senegal reciben detectores gamma para contribuir a luchar contra la erosión del suelo



Los expertos de Egipto y el Senegal estarán en mejores condiciones de combatir la erosión del suelo gracias a dos detectores de espectrometría gamma que recibieron en noviembre de 2018 gracias al programa de cooperación técnica del OIEA. Los detectores se utilizarán para evaluar la erosión del suelo en zonas que han sufrido una grave degradación de la tierra, un fenómeno que pone en peligro la agricultura en muchas regiones del mundo, en particular en tierras áridas y semiáridas de África.

Egipto y el Senegal sufren una grave degradación de la tierra, que ha provocado, por ejemplo, que la productividad del suelo de la mayor parte de la zona nororiental del delta del Nilo en Egipto se haya reducido, según estudios recientes, en más de un 45 % en los últimos 35 años. La degradación de la tierra se debe a varios factores, como la sobreexplotación de la tierra, unas prácticas agrícolas insostenibles y los fenómenos meteorológicos extremos, que en las últimas décadas se han producido con mayor frecuencia. La erosión del suelo —uno de los tipos principales de degradación de la tierra causada por factores humanos y ambientales— puede desembocar en la pérdida total de la capa fértil superficial del suelo, con lo que las tierras afectadas se vuelven no aptas para el cultivo.

La agricultura es un sector económico importante en la mayoría de los países africanos y supone aproximadamente el 12 % del producto interno bruto (PIB) de

Egipto y el 17 % del PIB del Senegal. La agricultura de bajos insumos que practican las explotaciones familiares de subsistencia representa una parte considerable de este sector, pues de ella dependen una gran proporción de empleos y constituye el medio de vida tanto de los agricultores de subsistencia como de sus familias. Dado que este tipo de agricultura suele darse en tierras áridas y semiáridas con escaso potencial agrícola, como tierras secas y montañas, es especialmente vulnerable a la erosión del suelo.

El OIEA, en cooperación con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), lleva más de 20 años prestando asistencia a los países para combatir la degradación de la tierra apoyando el uso de técnicas isotópicas para evaluar la erosión del suelo.

Los trazadores de los radionucleidos procedentes de precipitación radiactiva, como el cesio 137 (Cs 137), se han utilizado ampliamente para evaluar la erosión del suelo y la sedimentación. Ese radionucleido está presente en la atmósfera, de la que cae al suelo en forma de precipitación y se acumula en la capa superior del suelo. En el proceso de erosión, el agua arrastra la capa superficial del suelo, como se observa al medir los niveles, menores, de Cs 137. Al mismo tiempo, allá donde acaba depositándose el suelo erosionado se aprecian mayores niveles de Cs 137.

“Evaluar la erosión mediante Cs 137 presenta muchas ventajas en comparación con los métodos

tradicionales”, dice Emil Fulajtar, científico de suelos en la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Alimentación y la Agricultura. Con este método se obtienen las tasas de erosión media a largo plazo, mientras que los métodos convencionales ofrecen sobre todo datos a corto plazo. Emplear esta técnica nuclear acaba, por lo tanto, con la necesidad de disponer de programas de vigilancia de larga duración que exigen muchos recursos: la redistribución del suelo puede evaluarse en una única campaña de toma de muestras. También ayuda a determinar la distribución espacial de la erosión, dato esencial para los programas de conservación del suelo que persiguen el manejo sostenible de la tierra y por tanto la seguridad alimentaria.

La entrega de espectrómetros gamma, que se utilizan para realizar las mediciones de Cs 137, forma parte de una iniciativa en curso de la División Mixta para ayudar a los países africanos a mejorar su capacidad de controlar la erosión del suelo; esto también abarca la capacitación de científicos en el uso del método del Cs 137 y la creación de capacidades de espectrometría gamma en todo el continente. Ya se han entregado otros tres detectores gamma de sobremesa (para Madagascar, Argelia y Zimbabue) y tres detectores gamma portátiles (para Marruecos, Túnez y Madagascar).

“Usaremos los detectores gamma para ‘tomar las huellas’ de la sedimentación en el río Nilo a fin de rastrear el origen de la contaminación procedente de distintas fuentes, como desagües de plantas industriales y de explotaciones agrícolas situadas en la orilla del río”, declara Mohamed Kassab, docente del Centro de Investigaciones Nucleares de la Autoridad de Energía Atómica de Egipto. “También tenemos previsto ayudar a otros países de África a crear capacidad en materia de mediciones gamma y servicios de análisis”.

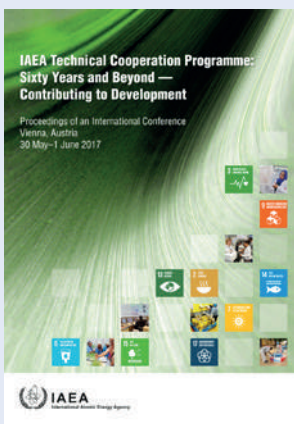
— *Matt Fisher*



Radiotherapy in Cancer Care: Facing the Global Challenge

En esta publicación se ofrece un resumen completo de los temas y los aspectos principales que hay que tener en cuenta en la planificación de estrategias para hacer frente a la falta de recursos de radioterapia a nivel mundial, en particular en los países de ingresos medianos y bajos. A pesar de que la radioterapia se considera un instrumento fundamental para curar y paliar el cáncer, actualmente el acceso a ella es limitado en muchos países e inexistente en otros tantos. Esa falta de recursos de radioterapia agrava la carga de morbilidad y pone de relieve la disparidad que sigue existiendo entre Estados en materia de atención sanitaria. La reducción de esas diferencias es una medida fundamental para resolver este problema mundial de equidad sanitaria. Esta publicación, en la que han colaborado personas influyentes en la materia, es una introducción a los logros y los aspectos relativos a la utilización de la radioterapia a nivel mundial como método para tratar el cáncer. La obra contiene capítulos específicos dedicados a la radioterapia con protones, la radioterapia con iones de carbono, la radioterapia intraoperatoria, la radioterapia infantil y los tumores malignos relacionados con el VIH/Sida, así como a cuestiones relacionadas con el cálculo de costos y la gestión de la calidad.

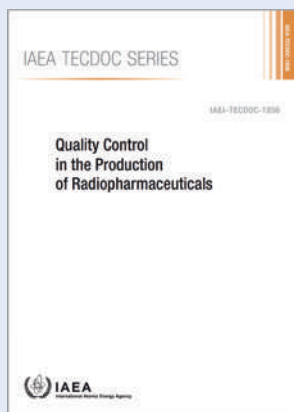
Publicaciones monográficas; ISBN: 978-92-0-115013-4; edición en inglés; 62,00 euros; 2017
www-pub.iaea.org/books/iaeabooks/10627/Radiotherapy-in-Cancer-Care



IAEA Technical Cooperation Programme: Sixty Years and Beyond — Contributing to Development

En esta publicación se detalla la manera en que el programa de cooperación técnica del OIEA ha contribuido durante 60 años al establecimiento de infraestructuras y capacidades nucleares en los Estados Miembros en apoyo a sus prioridades nacionales de desarrollo. Asimismo, incluye ejemplos de alianzas fructíferas y mira al futuro en materia de enfoques apropiados y medidas concretas que ayudarán a los países a maximizar su uso de la ciencia y la tecnología nucleares para cumplir sus objetivos de desarrollo, incluidas las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Entre las principales esferas temáticas tratadas cabe citar la aplicación de la ciencia y la tecnología nucleares en la salud y la nutrición humanas, la alimentación y la agricultura, el agua y el medio ambiente, la tecnología de la radiación, la energía y la seguridad. Se presentan además cuestiones de interés común relacionadas con la colaboración y la creación de redes a nivel regional, como los criterios adoptados por el OIEA y los Estados Miembros para crear alianzas duraderas y mutuamente beneficiosas.

Colección de Actas; ISBN: 978-92-0-100318-8; edición en inglés; 36,00 euros; 2018
www-pub.iaea.org/books/iaeabooks/12280/Technical-Cooperation-Programme



Quality Control in the Production of Radiopharmaceuticals

Esta publicación ofrece directrices y mejores prácticas para el control de la calidad de los radioisótopos de uso médico y los radiofármacos. Los avances han dado lugar a la producción de radiofármacos nuevos y a la disponibilidad de vías de producción nuevas. En este ámbito, han aparecido diversas sustancias de diagnóstico nuevas (como los radiofármacos y los generadores de Ga 68) y sustancias terapéuticas (como los emisores alfa) que se suman al conjunto de recursos de los médicos. Es fundamental que la preparación de los radiofármacos esté sometida a un sistema de control de la calidad sólido que englobe a los materiales y al personal, que cuente con la documentación adecuada y cuyos resultados sean objeto de exámenes constantes. Esta publicación ha sido redactada por un grupo de expertos con experiencia en diversos radiofármacos y tiene por objeto ayudar a los profesionales en la elaboración de productos inocuos y de buena calidad para su uso en procedimientos de medicina nuclear.

IAEA TECDOC; ISBN: 978-92-0-107918-3; 18,00 euro; 2018
www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/13422/Quality-Control-in-the-Production-of-Radiopharmaceuticals

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

Dependencia de Mercadotecnia y Venta
 Organismo Internacional de Energía Atómica
 Vienna International Centre
 P.O. Box 100, A-1400 Viena (Austria)
 Correo electrónico: sales.publications@iaea.org

Conferencia Internacional sobre el

Cambio Climático y el Papel de la Energía Nucleoeléctrica

7 a 11 de octubre de 2019, Viena (Austria)



Organizada por el



IAEA

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

#Atoms4Climate

CN-275