

IAEA BULLETIN

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA

La publicación emblemática del OIEA | Septiembre de 2018



La tecnología nuclear y el clima mitigación, monitorización y adaptación

El efecto del cambio climático en los recursos hídricos de Costa Rica, página 14

Finlandia pone los ojos en la energía nucleoelectrica para cumplir los objetivos climáticos, página 8

Filipinas: las algas tratadas por irradiación aumentan la resistencia del arroz frente a los tifones, página 18



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

También contiene:
Noticias del OIEA



EL BOLETÍN DEL OIEA

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

Editor: Miklos Gaspar
Editora Colaboradora: Laura Gil
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: A. Schlosman/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).

La ciencia nuclear, aliada en la lucha contra el cambio climático

Yukiya Amano, Director General del OIEA

Cada vez más países utilizan la tecnología nuclear para combatir el mayor desafío medioambiental de nuestra era: el cambio climático. La energía nucleoelectrónica, actualmente en uso en unos 30 países y en fase de estudio en otros tantos, es una fuente importante de energía limpia y de bajas emisiones de carbono. Sin duda alguna, tiene un importante papel que desempeñar en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. No obstante, también es necesario abordar el daño que el cambio climático ya ha causado al medio ambiente y la amenaza que supone para los medios de subsistencia de comunidades enteras.

Las aplicaciones no eléctricas de la ciencia y la tecnología nucleares ya están realizando una contribución importante en este sentido. Para dar a conocer esta contribución, así como los usos de la energía nuclear, el Foro Científico del OIEA de 2018 está dedicado al tema de “La Tecnología Nuclear y el Clima: Mitigación, Monitorización y Adaptación”.

Mitigación

Mitigar los efectos del cambio climático, el objetivo último, requerirá la adopción de políticas, enfoques y tecnologías encaminados a reducir la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. El OIEA presta apoyo activamente a sus 170 Estados Miembros en la tarea de determinar de qué manera la tecnología nuclear puede ayudarles mientras trabajan para alcanzar este objetivo.

En la página 8 de la presente publicación, examinamos los planes de Finlandia para que, en 2030, la energía nuclear no suponga un tercio de su producción energética total sino la mitad, entre otros motivos para cumplir con los compromisos adquiridos en la lucha contra el cambio climático.

Otra fuente considerable de emisión de gases de efecto invernadero es la agricultura, como consecuencia, entre otras, de la producción y el uso de fertilizantes químicos. Tanto la Argentina como el Brasil y Kenya se encuentran entre los países a los que el OIEA, en cooperación con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), presta apoyo en la aplicación de técnicas isotópicas que permiten a los agricultores reducir el uso de fertilizantes sintéticos hasta en un 90 % (página 10).

Monitorización

La ciencia nuclear proporciona datos valiosos que ayudan a los científicos a comprender mejor el cambio climático. Con estos datos, los responsables de formular políticas están en mejores condiciones para adoptar unas políticas adecuadas para proteger el medio ambiente, así como monitorizar los efectos de estas empleando para ello técnicas nucleares e isotópicas.

Las floraciones de algas nocivas, junto con las toxinas que producen, amenazan los ecosistemas y los medios de subsistencia de las comunidades que dependen del océano. Estas algas, que anteriormente solo se daban en regiones tropicales y subtropicales, están cada vez más



presentes también en climas templados. Los Laboratorios del OIEA para el Medio Ambiente colaboran con numerosos países en la caracterización y monitorización de las floraciones de algas nocivas (página 12).

Costa Rica se está sirviendo de la hidrología isotópica para estudiar los patrones de lluvia y gestionar los recursos hídricos subterráneos de manera sostenible en vista del clima cambiante (página 14). La interacción entre los neutrones rápidos y las moléculas de agua permite a los científicos medir el contenido de agua en el suelo en grandes extensiones de terreno, lo que ayuda a los agricultores a gestionar sus recursos hídricos y permite a los responsables de formular políticas elaborar medidas de conservación adecuadas (página 16).

Adaptación

Mientras continúan las labores en la esfera de la mitigación, el mundo necesita adaptarse a las consecuencias del cambio climático, que ya son evidentes, como una mayor escasez de agua, desastres naturales más frecuentes y temperaturas extemporáneamente elevadas. Todos estos factores amenazan la biodiversidad y pueden provocar que la producción agrícola sea considerablemente inferior. En ese sentido, las nuevas prácticas agrícolas podrían ser muy beneficiosas.

En Filipinas, por ejemplo, los científicos han utilizado la radiación para desarrollar un nuevo tipo de promotor del crecimiento que fortalece el arroz, lo que le permite resistir las ráfagas de un tifón (página 18). Los agricultores de Zimbabwe, por su parte, han podido hacer frente a un clima más seco gracias, entre otras, a una nueva variedad de caupí desarrollada en los laboratorios del OIEA y la FAO (página 20). El riego por goteo, una técnica utilizada en todo el mundo para ahorrar agua, puede optimizarse mediante una técnica isotópica (página 22).

El OIEA está comprometido con la tarea de ayudar a los países a que utilicen de manera óptima la ciencia y la tecnología nucleares para proteger el medio ambiente y contribuir a la lucha contra el cambio climático.

Prefacio

1 La ciencia nuclear, aliada en la lucha contra el cambio climático



4 El OIEA y el cambio climático: adaptación, monitorización y mitigación

Mitigación



6 El OIEA presta apoyo a los Estados Miembros en la aplicación del Acuerdo de París sobre el cambio climático



8 Finlandia pone los ojos en la energía nucleoelectrónica para cumplir los objetivos climáticos



10 Las técnicas nucleares ayudan a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura

Monitorización



12 Floraciones de algas nocivas: las técnicas nucleares ayudan a reducir la toxicidad y prevenir los efectos en la salud



14 El efecto del cambio climático en los recursos hídricos de Costa Rica



16 Rayos cósmicos para medir los niveles de humedad del suelo

Adaptación



18 Filipinas: las algas tratadas por irradiación aumentan la resistencia del arroz frente a los tifones



20 Una nueva variedad mutante de caupí ayuda a los agricultores de Zimbabwe en zonas propensas a la sequía



22 Una aproximación al riego por goteo

Panorama mundial

24 La función de las técnicas nucleares en la agricultura climáticamente inteligente
— *Christoph Müller, Instituto de Fitoecología Experimental, Universidad Justus Liebig de Giessen (Alemania)*

26 El papel de la energía nuclear en el logro de los objetivos climáticos del Acuerdo de París
— *Tom M.L. Wigley, Climatólogo, Universidad de Adelaida*

Noticias del OIEA

28 Instituciones de tres países hacen donaciones para contribuir a la modernización de los laboratorios del OIEA

28 Atajar la obesidad infantil en Europa con la ayuda de técnicas nucleares: simposio del OIEA en el Congreso Europeo sobre Obesidad

29 Publicación de las orientaciones del OIEA sobre la gestión de fuentes radiactivas en desuso

30 Estados Miembros explotadores y en fase de incorporación al ámbito de la energía nucleoelectrónica debaten la financiación de la gestión de desechos y de las actividades de clausura en una reunión del OIEA

32 Publicaciones

El OIEA y el cambio climático: adaptación, monitorización y mitigación

Noah Mayhew

El cambio climático es uno de los mayores problemas medioambientales que afectan a la humanidad hoy en día, provoca un aumento peligroso de los niveles del mar y perturbaciones en el ciclo de agua, y da lugar a fenómenos meteorológicos extremos cada vez más frecuentes. El OIEA ayuda a los Estados Miembros a combatir el cambio climático en diversos frentes: mitigando la producción y emisión de gases de efecto invernadero (GEI), así como monitorizando y adaptándose a sus efectos adversos.

Los niveles de GEI en la atmósfera han fluctuado durante miles de millones de años debido principalmente a actividades orbitales, solares y volcánicas naturales. Desde mediados del siglo XVIII, los factores antropógenos han causado un aumento progresivo de la concentración de CO₂ en la atmósfera de la Tierra, que ha pasado de aproximadamente 278 partes por millón a más de 400 partes por millón en 2016, según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Esto se suma a los considerables incrementos de la concentración de otros potentes GEI, como el metano y el óxido nítrico.

“Hacer frente a los efectos del cambio climático no es asunto de un solo país, sino de todo el planeta”, afirma Martin Krause, Director en el Departamento de Cooperación Técnica del OIEA. “Por esa razón, el OIEA ayuda a sus Estados Miembros a comprender mejor cómo la ciencia y la tecnología nucleares pueden compensar algunas de las consecuencias del cambio climático”.

Adaptación

Entre los efectos más importantes del cambio climático se encuentran el agravamiento de la escasez de agua y alimentos en todo el mundo, la pérdida de biodiversidad y una mayor frecuencia de desastres naturales provocados por el clima. Unas temperaturas extemporáneamente altas en invierno y primavera, unas condiciones meteorológicas imprevisibles y unas temporadas de lluvias muy cortas contribuyen a la escasez del agua en muchas regiones. Esto, a su vez, afecta enormemente a los sistemas agropecuarios, a las cadenas alimentarias mundiales y, en especial, a los pequeños agricultores y ganaderos.

Para ayudar a las comunidades y los países a adaptarse, el OIEA presta apoyo a las actividades relacionadas con el fitomejoramiento, la gestión del suelo y los cultivos, la producción de ganado y la lucha contra las plagas de insectos. Por ejemplo, el Sudán está empleando la ciencia nuclear y la asistencia del OIEA para ayudar a más de 35 millones de personas a hacer frente al cambio climático. Entre estas actividades se encuentran el desarrollo de nuevas variedades vegetales resistentes a la sequía y al calor; la instalación y optimización de sistemas de riego que ahorran agua y fertilizantes, así como la mejora del rendimiento de los cultivos; y la lucha contra los insectos transmisores de enfermedades con un método para el control de plagas de insectos de base nuclear llamado “técnica de los insectos estériles (TIE)”.

El OIEA ha prestado apoyo al Sudán en el uso de tecnologías nucleares para combatir los efectos del cambio climático.

(Fotografía: N. Jawerth/OIEA)





Adaptación a los efectos negativos del cambio climático, como:

- la escasez de agua potable y alimentos;
- la pérdida de ecosistemas terrestres y marinos;
- los riesgos meteorológicos para las infraestructuras energéticas.

Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de:

- las fuentes de energía con altas emisiones de carbono;
- el uso no sostenible de la tierra;
- los sumideros de carbono naturales degradados.

Monitorización de las emisiones y los cambios medioambientales, como:

- las fuentes de gases de efecto invernadero;
- la acidificación de los océanos;
- las amenazas a los ecosistemas.

El OIEA ayuda a los países a utilizar la ciencia y la tecnología nucleares para luchar contra el cambio climático.

(Infografía: R. Kenn/OIEA)

Monitorización

A medida que la comunidad internacional trabaja en la búsqueda de soluciones a largo plazo para hacer frente a las consecuencias del cambio climático, resulta fundamental disponer de datos fiables sobre el modo en que los GEI causan los cambios que se están produciendo en la tierra, en los océanos y por toda la atmósfera. El OIEA utiliza diversas técnicas nucleares, principalmente isotópicas, para identificar y monitorizar los riesgos y las amenazas asociados a las emisiones de GEI, y posteriormente comparte esa información con los Estados Miembros para contribuir a la investigación y la formulación de políticas climáticas sostenibles. Costa Rica, por ejemplo, ha colaborado con el OIEA para cuantificar la captura de carbono y monitorizar las emisiones de GEI en los sectores agropecuario y lechero. Los datos obtenidos por los científicos costarricenses mediante los analizadores de isótopos estables, que ayudan a cuantificar las emisiones de carbono, facilitan los esfuerzos encaminados a lograr la neutralidad en carbono de las explotaciones agrícolas y ganaderas.

Mitigación

La meta a largo plazo es mitigar el cambio climático, lo que exige enfoques y tecnologías que reduzcan las emisiones de GEI. El OIEA presta apoyo a los Estados Miembros en la evaluación del desarrollo de sus sistemas de energía y los ayuda a estudiar el papel que podría desempeñar la energía nuclear en su producción energética. Un grupo de profesionales debidamente informados y especializados resulta esencial para formular y mantener políticas energéticas nacionales sostenibles.

El OIEA está llevando a cabo un proyecto coordinado de investigación junto con Estados Miembros sobre cómo pueden contribuir las políticas energéticas nacionales al cumplimiento de las obligaciones de los países en el marco del Acuerdo de París de 2015 sobre el cambio climático. Mediante la adaptación a las consecuencias adversas del cambio climático y su monitorización, así como la mitigación de las emisiones de GEI, el OIEA trabaja con sus Estados Miembros para preservar y rehabilitar el medio ambiente y proteger los sistemas de suministro de energía frente a desastres y fenómenos meteorológicos relacionados con el clima.

El OIEA presta apoyo a los Estados Miembros en la aplicación del Acuerdo de París sobre el cambio climático

Noah Mayhew



Central nuclear en construcción en China.

(Fotografía: C. Brady/OIEA)

Por conducto de un proyecto coordinado de investigación (PCI), el OIEA se ha asociado con 12 Estados Miembros para desarrollar estrategias efectivas de mitigación del cambio climático. La finalidad del PCI es prestar apoyo en las evaluaciones nacionales de la función que puede desempeñar la energía nucleoelectrica en la tarea de mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), como parte de la preparación de las estrategias nacionales en virtud del Acuerdo de París, alcanzado en 2015 por las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

“Se trata de examinar cómo la energía nucleoelectrica, junto con otras fuentes de energía de baja emisión de carbono, puede contribuir en los próximos decenios a alcanzar los objetivos de energía y desarrollo de cada Estado Miembro”, explica Hal Turton, economista del OIEA especializado en energía.

Este PCI se basa en iniciativas anteriores, entre ellas, un proyecto realizado entre 2006 y 2009 en el que se prestó apoyo a los Estados Miembros con las estrategias de mitigación de los GEI y las opciones energéticas para lograr los objetivos del Protocolo de Kyoto para 2008-2012.

Uno de los objetivos principales del Acuerdo de París es limitar el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales y, de ser posible, por debajo de 1,5 °C. Si bien supone un desafío, este objetivo es técnicamente factible, pero las políticas climáticas actuales dejarían el planeta en 2100 con unas temperaturas mundiales entre 2,6 °C y 4,0 °C por encima de los niveles preindustriales, según Climate Action Tracker (Seguimiento de la Acción por el Clima). Aun con las promesas ya realizadas por las Partes en el Acuerdo de París, el aumento podría llegar a alcanzar los 3,2 °C hasta 2100. Los grupos de investigación nacionales que participan en el PCI están evaluando los avances de cada país en el sector de la energía y analizando las opciones para frenar el aumento de la temperatura mundial.

Fomento del intercambio de conocimientos

En el marco de este PCI, el OIEA respalda el intercambio de información y experiencias acogiendo periódicamente reuniones para coordinar las investigaciones. Estas reuniones han permitido analizar a fondo la elaboración de las estrategias energéticas nacionales, así como el intercambio de información entre los Estados Miembros y expertos del OIEA y de otras organizaciones.

La segunda de tres reuniones tuvo lugar en junio de 2018 en Viena, coincidiendo con la fase intermedia del PCI. Los grupos de investigación realizaron presentaciones sobre las políticas, los avances en las investigaciones y los resultados preliminares. Muchos grupos están utilizando los instrumentos de planificación energética establecidos que ha desarrollado el OIEA para explorar vías de energías alternativas adaptadas a sus condiciones específicas. El PCI culminará con una tercera y última reunión a finales de 2019 en la que los países participantes presentarán sus conclusiones detalladas sobre el papel que podría desempeñar la energía nuclear en la mitigación del cambio climático a escala nacional durante los próximos decenios.

Se prevé que tanto los resultados específicos como la base que este PCI sentará contribuyan a la formulación y el examen periódico que se están realizando de las contribuciones determinadas a nivel nacional en virtud del Acuerdo de París.

“El PCI ha sido una excelente plataforma que ha propiciado la investigación sobre la energía nucleoelectrica en Sudáfrica y la reflexión al respecto”, sostiene Tara Caetano, investigadora superior del Centro de Investigaciones Energéticas del país. Las reuniones anuales del PCI ofrecen una plataforma en la que dar a conocer la labor de los investigadores, lo que les permite aprender de los demás y de sus respectivas experiencias nacionales, añade.

Utilización de los instrumentos del OIEA para la mitigación del cambio climático y la planificación energética

Los instrumentos desarrollados por el OIEA ayudan a los Estados Miembros —incluidos los que participan en el PCI— a evaluar distintas opciones y estrategias para su sector de la energía, incluida la función que puede desempeñar en el futuro la energía nucleoelectrica.

“En el pasado, Croacia ha participado en diversas actividades del OIEA y se ha beneficiado de ellas, y ha logrado mejorar sus capacidades de planificación energética y utilizar los



Central nuclear de Barakah (Emiratos Árabes Unidos).

(Fotografía: OIEA)

instrumentos del OIEA para evaluar los sistemas de energía”, dice Mario Tot, Asesor del Instituto de Energía de Croacia. “Aprendemos de los demás y contribuimos a su beneficio”.

Durante los últimos 40 años, el OIEA ha desarrollado un conjunto de instrumentos analíticos que incluyen:

- **EBS** (Estudio sobre el Equilibrio Energético): para facilitar la recopilación y la organización de datos sobre la energía;
- **MESSAGE** (Modelo de Opciones Estratégicas de Suministro de Energía y Repercusiones Ambientales Generales): para analizar las estrategias de suministro energético;
- **MAED** (Modelo para el Análisis de la Demanda de Energía): para estudiar la demanda de energía futura;
- **WASP** (Lote de Programas Wien para la Planificación de Sistemas Automáticos): para planificar la expansión del sector energético;
- **FINPLAN** (Análisis Financiero de Planes de Expansión del Sector Eléctrico): para evaluar las repercusiones financieras de un proyecto sobre electricidad;
- **SIMPACTS** (Enfoque Simplificado de Estimación de las Repercusiones de la Generación de Electricidad): para analizar los efectos de un proyecto sobre electricidad en la salud humana y la agricultura;
- **ISED** (Indicadores del desarrollo energético sostenible): para analizar y monitorizar estrategias de desarrollo energético sostenible;
- **CLEW** (El clima, la tierra, la energía y el agua): para analizar la interacción entre sistemas de recursos clave.

Finlandia pone los ojos en la energía nucleoelectrica para cumplir los objetivos climáticos

Jeffrey Donovan



El nuevo reactor a presión evolutivo, construido por un consorcio francoalemán en la isla Olkiluoto, en el sudoeste de Finlandia. Se prevé que genere el 10 % de la electricidad de Finlandia cuando entre en funcionamiento, probablemente a finales de 2018.

(Fotografía: S. Slavchev/OIEA)

A lo largo del litoral bordeado de pinos de la bucólica costa occidental finlandesa, toma forma, de manera sosegada, una visión de energía limpia para el futuro del país nórdico. En la diminuta isla de Olkiluoto los trabajadores se ocupan de dar los últimos retoques a un nuevo reactor a presión evolutivo que cubrirá el 10 % de las necesidades de electricidad de Finlandia. Como todo reactor nuclear de potencia, la enorme unidad de 1600 MW no emitirá prácticamente ningún gas de efecto invernadero (GEI), pese a proporcionar un suministro eléctrico mínimo constante capaz de generar electricidad para millones de hogares.

“Bienvenidos al futuro”, dice Pasi Tuohimaa, ejecutiva de Teollisuuden Voima Oyj, la empresa privada finlandesa que posee y explota dos reactores más antiguos en Olkiluoto, así como el nuevo reactor a presión evolutivo. De pie en la sala del reactor de la nueva unidad, que previsiblemente entrará en funcionamiento a finales de 2018, la Sra. Tuohimaa comparte, filosófica: “Cada mañana, cuando me observo a mí misma en el espejo, de verdad pienso: ‘voy a salvar el mundo; con la energía nuclear’”.

Hace tiempo que el país, de 5,5 millones de habitantes, depende del átomo para suministrar electricidad y calefacción a los hogares y las industrias de alto consumo energético, especialmente durante los largos y oscuros inviernos. Actualmente, en el marco de una estrategia energética y climática nacional en la que se describe la contribución de Finlandia al Acuerdo de París de 2015 para frenar el calentamiento global, el Gobierno prevé una mezcla de

fuentes renovables y energía nuclear como la clave para alcanzar su más noble fin: llegar a ser una sociedad neutra en carbono para mediados de siglo.

“Actualmente no se pueden hacer diferencias entre política climática y política energética, y el objetivo principal de la política energética finlandesa es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero”, dice Riku Huttunen, Director General del Departamento de Energía del Ministerio de Asuntos Económicos y Empleo. “El instrumento más importante para ello son las fuentes de energía renovables, pero, por supuesto, deberíamos utilizar todas las posibilidades para reducir las emisiones y la energía nuclear es una buena solución”.

La apuesta de Finlandia por la energía nucleoelectrica se remonta a finales del decenio de 1970, cuando puso en funcionamiento el primero de sus cuatro reactores nucleares actuales, que generan un tercio de la electricidad producida en Finlandia. Además de la ausencia de combustibles fósiles autóctonos, el Sr. Huttunen explica que la razón más importante para implantar la energía nucleoelectrica fue garantizar abundante energía para los largos inviernos del país, así como para su industria forestal, química y del acero.

De la seguridad energética a la reducción de los gases de efecto invernadero

Pero con la reorientación en los últimos años del objetivo de la política energética hacia la reducción de GEI,



adquirieron protagonismo otras ventajas de la energía nucleoelectrica. Mientras que el Gobierno aspira a eliminar progresivamente el uso del carbón e incrementar el de las energías renovables, como la solar, la eólica y los biocombustibles, con la finalidad de lograr hasta un 95 % de reducción de las emisiones, los encargados de formular políticas sostienen también que para lograr los objetivos de seguridad energética y los objetivos climáticos al mismo tiempo no bastarán las fuentes intermitentes.

“Las redes inteligentes ayudarán, pero necesitaríamos una inmensa capacidad de almacenamiento de energía para salir adelante solo con la energía solar y la eólica; y ese tipo de tecnologías todavía no existen”, explica el Sr. Huttunen.

Cuando se pongan en funcionamiento los nuevos reactores de Olkiluoto y Hanhikivi, otra central cuya construcción está prevista para los próximos años, la energía nucleoelectrica podría generar más de la mitad de la electricidad producida en Finlandia; todo ello sin prácticamente emisiones de GEI. Además, Finlandia está en vías de convertirse en el primer país que explota un repositorio geológico profundo para la disposición final permanente de combustible nuclear gastado. Está previsto que empiece a funcionar a mediados del decenio de 2020.

“El hecho de que la producción de energía nuclear no genera emisiones de carbono está bastante aceptado y es conocido por la sociedad finlandesa, algo que, por supuesto, está impulsando estos nuevos proyectos de construcción”, afirma

La central nuclear de Olkiluoto en el sudoeste de Finlandia, donde está previsto poner en marcha un nuevo reactor a presión a finales de 2018.

(Fotografía: S. Slavchev/OIEA)

Liisa Heikinheimo, responsable de la energía nuclear en su calidad de Directora General Adjunta del Departamento de Energía del Ministerio de Asuntos Económicos y Empleo. “Además, los esfuerzos desplegados en Finlandia por gestionar la disposición final del combustible nuclear gastado han sido también importantes para lograr la aceptación pública de la energía nucleoelectrica”.

En la estrategia energética y climática de Finlandia se contempla también la posibilidad de llegar a recurrir únicamente a las energías renovables para satisfacer todas las necesidades energéticas del país. Pero por el momento, el Sr. Huttunen sostiene que esa opción no es realista, y no solo para Finlandia.

“Si queremos cumplir los objetivos del Acuerdo de París sobre el Cambio Climático —y, por el momento estamos lejos de lograrlo— tenemos que sacar provecho de todas las tecnologías con bajas emisiones de carbono”, asegura. “Que cada país quiera o no hacerlo es una decisión política, pero como planeta, también necesitamos la energía nucleoelectrica para alcanzar los objetivos climáticos”.

Las técnicas nucleares ayudan a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura

Matt Fisher

Los agricultores recurren cada vez más a métodos agrícolas sostenibles a fin de aumentar la productividad y, al mismo tiempo, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En una serie de proyectos de investigación coordinados por el OIEA en colaboración con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se están utilizando técnicas de isótopos estables para verificar la eficacia de métodos agrícolas inocuos para el medio ambiente.

La agricultura, especialmente las operaciones comerciales a gran escala, suele basarse en una combinación de monocultivos y el uso de grandes cantidades de fertilizantes químicos, a menudo en detrimento de los ecosistemas. El monocultivo es una práctica consistente en sembrar año tras año el mismo cultivo en la misma parcela, lo que disminuye la fertilidad del suelo. Los agricultores compensan este descenso de la fertilidad del suelo aplicando cantidades excesivas de fertilizantes químicos, que contribuyen al cambio climático debido a que emiten 1,2 millones de toneladas anuales de óxido nitroso en todo el mundo, un gas de efecto invernadero 260 veces más potente que el dióxido de carbono.



Vacas pastoreando tras la siega en los arrozales de un sistema integrado de producción agropecuaria.

(Fotografía: M. Zaman, OIEA)

Las prácticas agrícolas sostenibles alrededor de las cuales giran estos proyectos de investigación ofrecen soluciones eficaces en relación con los costos para aumentar la productividad y, al mismo tiempo, luchar contra el cambio climático.

En el Brasil, los fertilizantes orgánicos disminuyen los costos y reducen al mínimo los efectos medioambientales

Los fertilizantes químicos proporcionan al suelo una cantidad adicional de nitrógeno que ayuda al crecimiento de los cultivos. Aunque a menudo se considera que es necesario emplear estos fertilizantes para que la agricultura sea económicamente viable, su empleo reiterado o excesivo no solo es costoso sino también perjudicial para el ecosistema. En el Brasil, los agricultores están dirigiendo su mirada a una técnica conocida como abono verde, que se basa en el fenómeno natural de la fijación biológica del nitrógeno.

Los agricultores siembran diversos tipos de leguminosas, como habas blancas y habas de terciopelo, cuyas raíces contienen bacterias que convierten el nitrógeno capturado del aire en una forma orgánica apta para ser consumida por otras plantas, lo que sirve de abono para el suelo. Una vez cosechadas las leguminosas y retirados los rastrojos, se plantan en el mismo terreno cultivos primarios, por ejemplo granos y cereales, que aprovechan el nitrógeno ahora presente en el suelo y solo necesitan la adición de cantidades mínimas de fertilizante químico.

“De acuerdo con estudios recientes sobre la agricultura en el Brasil, más del 76 % de todo el nitrógeno presente en los granos y cereales cosechados procede de la fijación biológica del nitrógeno y menos del 20 %, de fertilizantes químicos”, explica Segundo Urquiaga, investigador de la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria. El abono verde también ayuda a los agricultores a ahorrar: se estima que el precio aproximado del abono orgánico es de solo 1 dólar de los Estados Unidos por kilogramo de nitrógeno, lo que podría generar un ahorro de hasta 13 000 millones de dólares al año, añade.

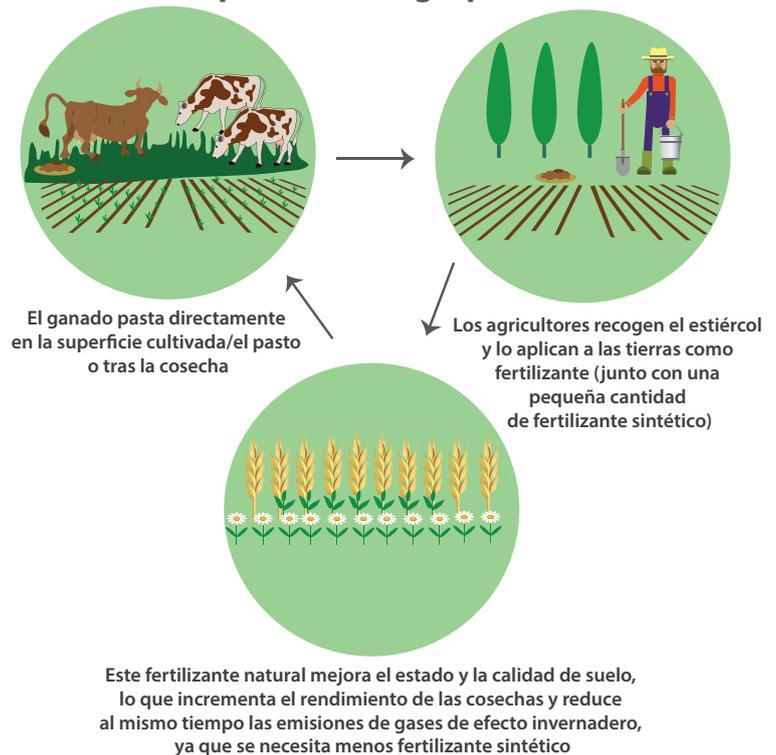
Con la adopción del abono verde, el Brasil avanza en su objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 43 % para 2030, en comparación con los niveles de 2005. Habida cuenta de que la agricultura es responsable de aproximadamente un 24 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, la creciente implantación de esta práctica ayudará al Brasil a lograr su objetivo.

Los sistemas agrícolas integrados combaten el cambio climático y aumentan el rendimiento de los cultivos

Los sistemas integrados de producción agropecuaria son otra práctica agrícola sostenible a la que prestan apoyo las técnicas nucleares en el marco de un proyecto coordinado de investigación en el que participan la Argentina, el Brasil, la India, Indonesia, Kenia, Uganda y el Uruguay. Estas prácticas se basan en una idea simple: el rendimiento de los cultivos puede maximizarse reciclando los nutrientes presentes en el estiércol y en los rastrojos. Con ello se reduce la necesidad de emplear fertilizantes químicos, que emiten grandes cantidades de gases de efecto invernadero y, por lo tanto, contribuyen al cambio climático. En un sistema integrado de producción agropecuaria, el ganado puede pastar directamente en la superficie cultivada o ser alimentado con los cultivos tras la cosecha. Posteriormente, los agricultores recogen el estiércol del ganado y lo utilizan como fertilizante, restituyendo así al suelo muchos de los nutrientes.

Agricultores del Brasil están recurriendo a prácticas integradas de producción agropecuaria con el objetivo de utilizar sus tierras de una manera más eficiente. “Estamos avanzando hacia una agricultura de conservación, y hemos observado que un enfoque de sistemas integrados de producción agropecuaria es viable”, dice Jeferson Dieckow, científico especializado en suelo de la Universidad Federal de Paraná (Brasil). Fruto de estas prácticas, las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la orina y las heces se han reducido en un 89 %. Juan Cruz Colazo, científico del Instituto Nacional de

Cómo funciona un sistema integrado de producción agropecuaria



(Infografía: R Kenn/OIEA)

Tecnología Agropecuaria de la Argentina, explica que este país ha logrado cultivos más resistentes a los efectos del cambio climático. “Gracias a este proyecto, hemos mejorado nuestros suelos agrícolas mediante la rotación de los cultivos”, señala. “Hemos observado un incremento del 50 % en el contenido de carbono orgánico del suelo, lo cual mejora la resiliencia de los sistemas de cultivo a variaciones climáticas que, de otra manera, podrían dificultar el rendimiento de los cultivos”.

BASE CIENTÍFICA

Trazadores isotópicos

Con el objetivo de determinar los efectos de las prácticas integradas de producción agropecuaria y del abono verde, los científicos utilizan isótopos estables —que no emiten radiación—, como el nitrógeno 15 y el carbono 13, en pequeñas parcelas experimentales. De esta manera, pueden hacer un seguimiento y analizar la eficiencia con que los cultivos consumen nitrógeno y cuánto carbono se acumula o almacena en el suelo.

Mediante la técnica del nitrógeno 15 los científicos pueden observar, durante varios meses, qué cantidad de este isótopo absorben las plantas. Esto les permite asesorar a

los agricultores sobre la cantidad exacta de estiércol y/o fertilizante químico nitrogenado que necesitan utilizar en sus cultivos.

El carbono 13 se utiliza para evaluar la calidad del suelo. Dado que el suelo se fertiliza con estiércol y residuos de cultivo, tiene un mayor contenido de carbono orgánico. Al rastrear el isótopo carbono 13, los científicos pueden determinar la estabilidad y las fuentes del carbono presente en el suelo y, por tanto, la fertilidad de este, una información fundamental para garantizar que estas prácticas agrícolas sostenibles se aplican de manera óptima.

Floraciones de algas nocivas: las técnicas nucleares ayudan a reducir la toxicidad y prevenir los efectos en la salud

Sarah Jones-Couture y Miklos Gaspar



Investigadores del OIEA toman muestras para analizar toxinas mediante la técnica del análisis de radioreceptor.

(Fotografía: OIEA)

El alcance geográfico y la intensidad de las floraciones de algas nocivas (FAN) han ido en aumento durante los últimos diez años, un cambio vinculado al calentamiento global. Cada vez más países recurren a la ciencia nuclear a fin de determinar y medir estas algas y las biotoxinas que producen, y posteriormente, con estos datos, establecer políticas y contramedidas apropiadas para controlar los efectos de forma más efectiva.

Todos los años, debido a la floración de algas nocivas (FAN), miles de personas de todo el mundo se intoxican al consumir alimentos de origen marino contaminados y respirar las toxinas. “Ante el aumento claro de la frecuencia, la distribución geográfica y la intensidad de esas floraciones, hacerles frente a escala mundial ha adquirido un carácter urgente”, afirma Marie-Yasmine Dechraoui Bottein,

investigadora de los Laboratorios del OIEA para el Medio Ambiente, sitios en Mónaco.

Las algas microscópicas que se encuentran en la base de la cadena alimentaria marina proporcionan nutrientes a los organismos marinos y tienen la función de producir más de la mitad del oxígeno de la Tierra. No obstante, factores como la temperatura del agua en la superficie, la circulación del aire y el agua, el movimiento natural de aguas ricas en nutrientes hacia la superficie o la acumulación de escorrentía agrícola en el mar pueden ocasionar la floración de algas, que a veces pueden incluir especies tóxicas.

Si bien las estrategias para controlar los efectos de las floraciones tóxicas de plancton, que flotan en el agua, están bien definidas, siguen existiendo lagunas en el conocimiento

Acidificación de los océanos

Otro efecto del cambio climático en los océanos es su acidificación, una importante esfera de investigación del OIEA.

La mayor cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera significa que existe más dióxido de carbono en los océanos, lo cual acidifica el océano y supone una amenaza para los hábitats oceánicos. El OIEA colabora con los Estados Miembros en la utilización de técnicas nucleares para medir la acidificación de los océanos, algo que, a su vez, permitirá a los encargados de formular políticas implantar medidas para controlarla.

Las técnicas nucleares e isotópicas son instrumentos poderosos para estudiar la acidificación de los océanos y han contribuido

ampliamente a investigar los cambios habidos en el pasado en la acidez de los océanos y los posibles efectos en los organismos marinos. Los investigadores de los Laboratorios del OIEA para el Medio Ambiente utilizan el calcio 45 para estudiar el ritmo de crecimiento de organismos calcificadores como los corales, los mejillones y otros moluscos, en cuyos esqueletos y conchas encontramos carbonato de calcio. También se emplean trazadores para determinar cómo afecta la acidificación de los océanos a la fisiología de organismos marinos, así como las repercusiones de una combinación de factores de estrés, como la acidificación de los océanos, el aumento de la temperatura y los contaminantes.

científico con respecto a las floraciones de las especies del fondo oceánico, las denominadas bentos. Según explica Clémence Gatti, investigadora en el Instituto Louis Malardé de la Polinesia Francesa, los cambios ambientales relacionados con el cambio climático pueden empeorar las cosas en las zonas tropicales, ya que los arrecifes de coral muertos son un buen hábitat para las macroalgas. Con la muerte de un número cada vez mayor de corales, es probable que se multipliquen las FAN bentónicas y los riesgos conexos para la salud. Del mismo modo, debido al ascenso de las temperaturas en todo el mundo, las especies tropicales tóxicas prosperan en zonas más amplias de los subtropicales y en mares y océanos templados.

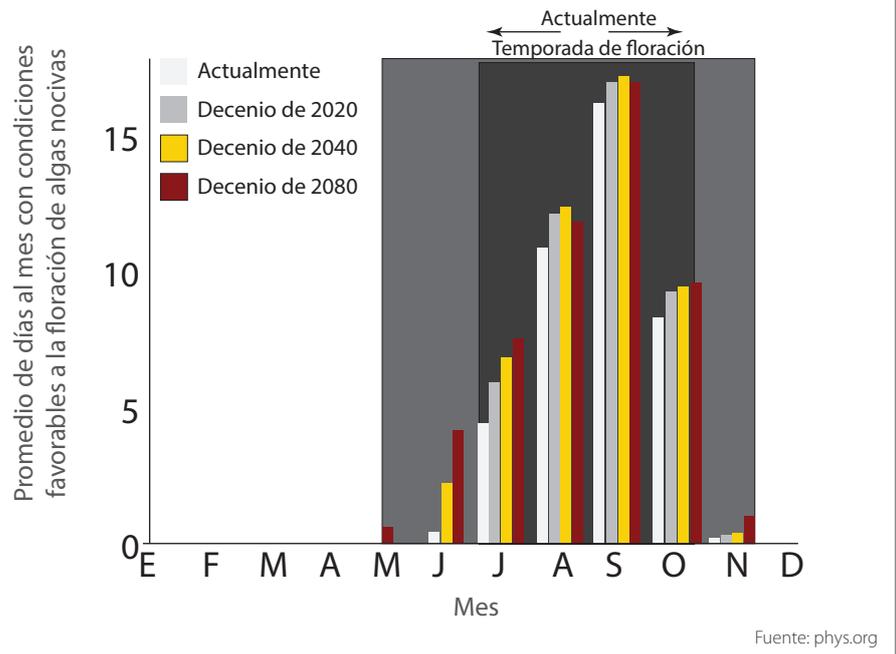
Una de las enfermedades más corrientes es la ciguatera, una intoxicación no bacteriana que se da al ingerir pescado contaminado por una ciguatoxina resultado de las FAN bentónicas. La ciguatera, que anteriormente se circunscribía a las regiones tropicales y subtropicales, ahora se ha extendido a las aguas costeras de Europa.

“Es una enfermedad compleja de la que aún se sabe poco”, aclara la Sra. Gatti. “Puede manifestarse con 175 síntomas diferentes que pueden perdurar meses o incluso decenios, lo que dificulta el diagnóstico y el tratamiento por parte de los médicos”.

El OIEA colabora con científicos de todo el mundo a fin de crear capacidad para detectar con precisión las toxinas presentes en el medio ambiente y en los alimentos de origen marino y así poder aplicar medidas como el cierre de caladeros y la prohibición de comer alimentos de origen marino cuando hay un riesgo elevado de intoxicación (véase el recuadro “Base científica”).

Angelika Tritscher, coordinadora del Departamento de Inocuidad de los Alimentos y Zoonosis de la Organización Mundial de la Salud (OMS), insiste en que “las enfermedades

Cambios previstos en la temporada de floración de algas nocivas en un clima futuro más cálido



de origen alimentario tienen repercusiones de la misma magnitud que enfermedades como la malaria y la tuberculosis”, y añade que “hay que hacer más por recopilar datos y elaborar metodologías para que los países puedan hacer frente a este problema”.

El OIEA seguirá colaborando con otros organismos de las Naciones Unidas en lo que respecta a los nuevos riesgos planteados por las FAN. “Una mejor evaluación de los riesgos vinculados a las FAN ayudará a reducir sus efectos en la salud humana, la economía y la sociedad en su conjunto”, declara Dechraoui Bottein. “Ello contribuirá al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible”.

BASE CIENTÍFICA

Medición de las biotoxinas en los alimentos de origen marino

El OIEA trabaja con expertos de los Estados Miembros para desarrollar la capacidad de detectar y medir las biotoxinas presentes en los alimentos de origen marino. Mediante técnicas nucleares e isotópicas, los investigadores pueden medir con exactitud las biotoxinas y estudiar cómo pasan de un organismo a otro, avanzando en la cadena alimentaria hasta acabar posiblemente en nuestra mesa.

El análisis de unión de radioligando es una de las técnicas nucleares empleadas. Se basa en la interacción específica entre las toxinas y el receptor al que se unen (el blanco farmacológico); en él, una toxina marcada con un isótopo compite con la toxina de la muestra analizada por un número limitado de puntos de unión a los receptores, lo que permite cuantificar la toxicidad de la muestra.

El efecto del cambio climático en los recursos hídricos de Costa Rica

Laura Gil



Científicos preparando muestras de agua de manantial para el análisis de gases nobles en Heredia (Costa Rica).

(Fotografía: L. Castro/ESPH)

Situada en la estrecha franja continental que separa el Pacífico del Caribe, Costa Rica ha experimentado en los últimos años temperaturas oceánicas superiores a la media y ha sufrido el primer huracán de su historia. Con la ayuda del OIEA, sus científicos están apostando por la aplicación de técnicas isotópicas para monitorizar esos fenómenos meteorológicos extremos y proteger a la población y el agua del país, en una región que se considera que podría verse particularmente afectada por el cambio climático.

“El agua tiene memoria”, nos dice Ricardo Sánchez-Murillo, coordinador del Grupo de Investigación en Isótopos Estables de la Universidad Nacional de Costa Rica, en Heredia.

“Gracias a los isótopos, podemos hacer un registro de esa memoria y usar la información actual que recopilamos a partir de las precipitaciones para comprender los fenómenos climáticos del pasado y mejorar la planificación de Costa Rica con objeto de hacer frente a fenómenos meteorológicos futuros, incluidos los huracanes”. En 2015, tras un período de grave sequía, América Central vivió uno de los episodios más potentes de El Niño/Oscilación Austral, es decir, el calentamiento de la superficie oceánica que se da en esa región desde hace siglos. Al año siguiente, Costa Rica tuvo que enfrentarse con el primer huracán registrado hasta la fecha en la región más meridional de América Central.

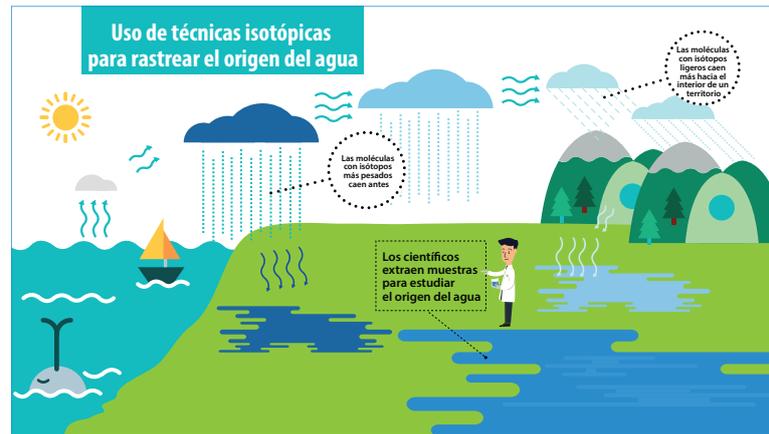
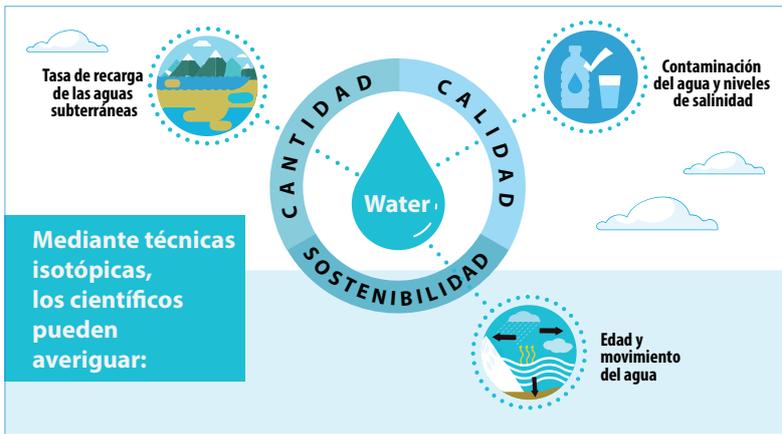
“No había en nuestros registros históricos ningún dato sobre huracanes que hubieran afectado a Costa Rica”, dice el Sr. Sánchez-Murillo. “Éramos, por tanto, vulnerables y sufrimos las consecuencias porque no supimos cómo reaccionar”.

Ese tipo de fenómenos llevan consigo una serie de marcas isotópicas que científicos como el Sr. Sánchez-Murillo pueden capturar mediante técnicas especiales de origen nuclear. Una vez registrados, los científicos utilizan esos datos isotópicos, combinándolos con modelos climáticos y registros climáticos históricos, para predecir la frecuencia, magnitud e intensidad de fenómenos meteorológicos futuros e informar a las autoridades que, a su vez, podrán prepararse mejor. La ciencia que estudia estas cuestiones se denomina hidrología isotópica (véase el cuadro inferior).

“Ahora disponemos de los trazadores, que actúan como centinelas”, declara el Sr. Sánchez-Murillo. “Estas técnicas nos permiten ver lo que los instrumentos convencionales no captan. Lo que los métodos convencionales no ven, los isótopos sí pueden verlo”.

Empleando técnicas isotópicas para el estudio de los sistemas hídricos de los que aún se sabe poco, los expertos están encontrando también soluciones para retos hídricos relacionados con el cambio climático que afectan incluso a las regiones más húmedas, como Costa Rica. Con ayuda de estas técnicas, los científicos pueden determinar la cantidad y la calidad de los suministros de agua. Utilizan isótopos naturales como trazadores a fin de descubrir de dónde proceden las aguas subterráneas, si son recientes o antiguas, si se están recargando o se están contaminando y cuáles son sus rutas.

A través del programa de cooperación técnica del OIEA, los hidrólogos costarricenses han estado recibiendo apoyo y capacitación para desarrollar una red de monitorización que rastrea los procesos de precipitación y aguas subterráneas.



(Infografía: F. Nassif/OIEA)

Conocer el régimen de precipitaciones ayuda a los hidrólogos a saber dónde, cuándo y cómo se recarga el agua, información sustancial para concebir planes de gestión de tierras y aguas. Por medio de los isótopos, han estudiado las aguas del Valle Central, un corredor biológico situado entre las laderas del Pacífico y el Caribe, que suministra agua potable a aproximadamente una quinta parte de la población de Costa Rica, alrededor de un millón de personas. Actualmente, conocen con exactitud la altitud y las zonas desde donde los acuíferos reciben la nueva agua.

“Entender los factores clave que regulan el régimen de precipitaciones y su relación con la recarga de agua subterránea es esencial para que el gobierno y los organismos medioambientales puedan dar prioridad a determinados recursos y esfuerzos”, dice el Sr. Sánchez-Murillo. “Ahora que conocemos las principales zonas de recarga y de qué manera viaja el agua subterránea, podemos conceder mayor prioridad a la conservación de dichas zonas frente a cualquier actividad comercial”.

Influir en las políticas

El Sr. Sánchez-Murillo y su equipo tratan con su labor de posibilitar la puesta en marcha de medidas gubernamentales para conservar las zonas de recarga más importantes. Eso permitiría, a su vez, que residentes, agricultores o comercios de la zona continuaran desarrollando sus actividades sin influir negativamente en las fuentes de agua.

“Aunque siempre hemos tenido reglamentos para proteger nuestros recursos hídricos, la diferencia es que ahora podemos ser más precisos, más eficientes”, afirma el Sr. Sánchez-Murillo. “Sabemos perfectamente qué zonas precisan una especial atención y también sabemos cómo protegerlas para garantizar el suministro de agua, ahora y en los decenios venideros”.

BASE CIENTÍFICA

Hidrología isotópica

Cada molécula de agua contiene átomos de hidrógeno y de oxígeno, pero no todos son iguales: algunos átomos son más ligeros y otros, más pesados.

“Todas las aguas naturales tienen una composición isotópica de hidrógeno y de oxígeno distinta”, dice Lucía Ortega, especialista en hidrología isotópica del OIEA. “Utilizamos esta composición isotópica como huella dactilar del agua”.

Cuando el agua de mar se evapora, las moléculas que contienen isótopos menos pesados suelen ser las primeras en ascender. Cuando llueve, las moléculas con isótopos más pesados caen antes. Cuanto más viaje la nube hacia el interior de un territorio, mayor será la proporción de moléculas con isótopos ligeros en la lluvia.

Cuando el agua cae en la tierra, llena lagos, ríos y acuíferos, afirma la Sra. Ortega. “Midiendo la diferencia en las proporciones entre isótopos ligeros e isótopos pesados, podemos estimar el origen de distintas aguas”.

Además, la abundancia de isótopos radiactivos naturales presentes en el agua, como el tritio e isótopos de gases nobles disueltos en el agua, puede servir para estimar la edad del agua subterránea, que puede ir de unos días a mil años. “Y esto es clave para ayudarnos a evaluar la calidad, la cantidad y la sostenibilidad del agua”, afirma.

Rayos cósmicos para medir los niveles de humedad del suelo

Bettina Benzinger y Nicole Jawerth



La sonda de neutrones de rayos cósmicos ayuda a los agricultores a medir los niveles de agua en el suelo.

(Fotografía: OIEA)

Los neutrones que llegan a la Tierra propulsados por los rayos cósmicos procedentes del espacio ayudan a los científicos de más de 25 países a medir la humedad del suelo, y a los agricultores a ahorrar agua y adaptarse al cambio climático. Valiéndose de una sonda de neutrones de rayos cósmicos, los científicos rastrean estos neutrones rápidos en la atmósfera para determinar cuánta agua hay ya en el suelo y cuándo debe el agricultor añadir más para ayudar a los cultivos a desarrollarse incluso en condiciones climáticas adversas.

“Mi país sufre los efectos del cambio climático y la sequía”, afirma Iman-eldin A. Ali Babiker, científico agrícola de la Corporación de Investigación Agrícola del Ministerio Agropecuario y Forestal del Sudán, participante en uno de los diversos cursos de capacitación que cuentan con el apoyo del OIEA en colaboración con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y otras organizaciones internacionales. “La capacitación en el uso de la sonda de neutrones de rayos cósmicos nos ha abierto una nueva vía para gestionar el contenido de agua del suelo”.

La sonda de neutrones de rayos cósmicos es un dispositivo que permite medir los niveles de humedad mediante la detección de los neutrones rápidos presentes en el suelo y en el aire justo por encima de este (véase el recuadro “Base científica”); comparada con los métodos tradicionales, es más rápida, más fácil de transportar y puede cubrir un área con mayor facilidad.

Desde 2013, los científicos de la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Alimentación y la Agricultura han estado probando y calibrando la sonda de

neutrones de rayos cósmicos, incluida una versión portátil en forma de mochila. “Los estudios sobre cultivos como el maíz han demostrado que usar la sonda de neutrones de rayos cósmicos para programar la irrigación permite optimizar la cantidad de agua que debe utilizar un agricultor y en qué momento debe hacerlo, lo que puede suponer un ahorro de hasta 100 mm de agua de riego cada temporada —esto equivale a 1 millón de litros por hectárea, una cantidad enorme en regiones con escasez de agua—, al mismo tiempo que incluso se mejora el rendimiento de los cultivos”, explica Ammar Wahbi, científico especializado en suelos y aguas de la División Mixta FAO/OIEA.

Más de 300 científicos de todo el mundo han recibido capacitación para utilizar esta tecnología de detección de neutrones en cursos diseñados para desarrollar las competencias técnicas y la capacidad de aplicar dichas competencias a la toma de decisiones. En los cursos se enseña a utilizar el modelo de simulación AquaCrop, un programa informático desarrollado por la FAO para simular con exactitud el crecimiento de los cultivos y el consumo de agua previstos en diferentes escenarios.

En el Iraq, estos cursos han ayudado a los científicos a determinar cuáles son los cultivos adecuados para las condiciones climáticas del país, dice Ameerah Hanoon Atiyah, científica del Ministerio de Ciencia y Tecnología del Iraq. “Tener en cuenta los distintos escenarios ayuda en la toma de decisiones; por ejemplo, qué cultivos plantar para gestionar mejor unos recursos hídricos escasos.”

Los métodos tradicionales recogen información a solo unos pocos centímetros alrededor de la sonda, lo que hace que los estudios en gran escala requieran mucho tiempo y dedicación. En cambio, la sonda de neutrones de rayos cósmicos puede dar resultados de forma inmediata para una superficie de 20 hectáreas sin perturbar el suelo ni la vasta red de organismos y estructuras interrelacionados que este contiene.

“En los métodos tradicionales hay que tomar varias muestras de suelo, secarlas en un horno durante 48 horas y medir la diferencia de peso entre las muestras originales y las secas”,

explica Trenton Franz, hidrogeofísico de la Universidad de Nebraska-Lincoln y experto que participa en los cursos de capacitación de la FAO/OIEA.

En 2018 se han planificado o puesto en marcha en 15 países más de 10 proyectos nacionales y regionales de investigación y cooperación técnica relacionados con las sondas de neutrones de rayos cósmicos. En el marco de estos proyectos, los expertos han recibido o van a recibir su propio dispositivo para aplicar lo aprendido durante los cursos de capacitación.

BASE CIENTÍFICA

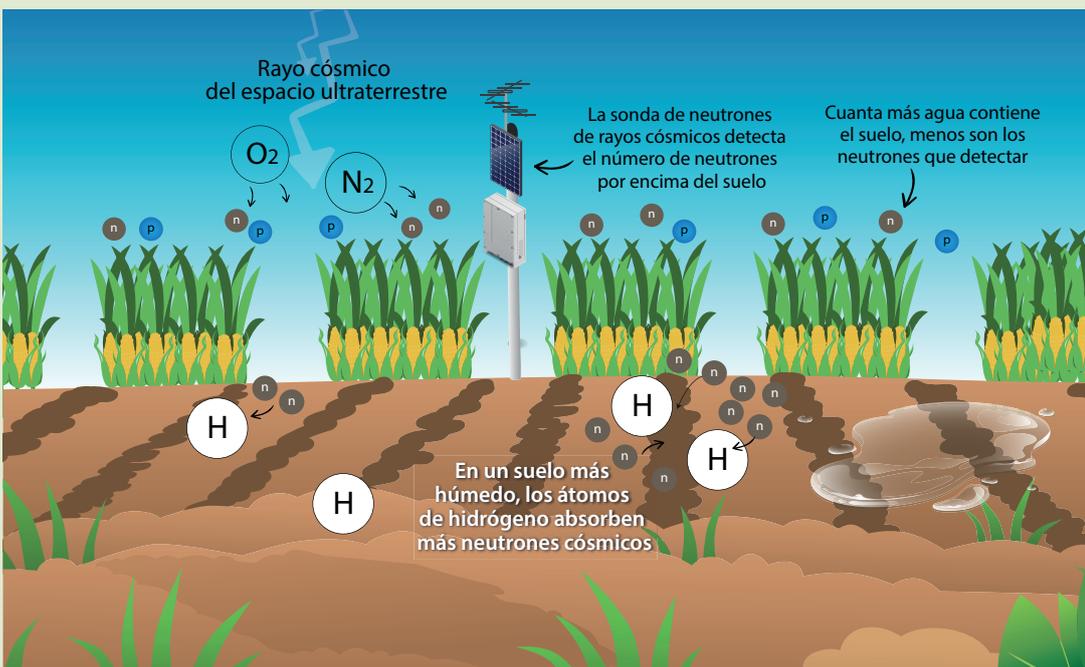
Funcionamiento de las sondas de neutrones de rayos cósmicos

Las sondas de neutrones de rayos cósmicos detectan y cuentan el número de neutrones presentes en el suelo y en el aire justo por encima de este, información que los científicos usan para determinar los niveles de humedad del suelo.

Los rayos cósmicos de alta energía (principalmente protones) que proceden de fuera del sistema solar producen esos neutrones. Estos rayos cósmicos colisionan con los átomos presentes en la alta atmósfera de la Tierra, principalmente de nitrógeno y oxígeno, haciendo que se desintegren en partículas subatómicas, como protones y neutrones, que caen a través de la atmósfera colisionando, a su vez, con otros átomos.

Cuando los neutrones alcanzan la superficie de la Tierra, se mueven a velocidades muy altas. Los átomos presentes en el medio ambiente absorben su energía, en particular los de hidrógeno. Esta absorción ralentiza los neutrones.

Dado que la mayoría del hidrógeno del medio ambiente terrestre se encuentra en el agua del suelo, los científicos pueden contar el número de neutrones rápidos que hay en el suelo y a su alrededor para determinar la cantidad de agua presente. Los suelos más secos contienen más neutrones rápidos, mientras que en los suelos más húmedos esos neutrones escasean porque hay más hidrógeno del agua disponible para absorber la energía.



(Infografía: R. Kenn/OIEA)

Filipinas: las algas tratadas por irradiación aumentan la resistencia del arroz frente a los tifones

Laura Gil



La resistencia del arroz a las inclemencias del tiempo aumenta cuando se somete a tratamiento con algas irradiadas.

(Fotografía: OIEA)

Investigadores filipinos han descubierto que un extracto de alga, tras someterlo a tratamiento por irradiación, puede lograr una mayor resistencia de las plantas a los tifones y un aumento de la producción de arroz de entre un 20 y un 30 %. Ese extracto, denominado carragenina, procede de un alga muy abundante en el mar. Si bien la carragenina ya se está utilizando de manera generalizada como agente gelificante y como espesante en la elaboración de alimentos procesados, se trata de la primera vez que unos investigadores, con el apoyo del OIEA, la han empleado a gran escala como promotora del crecimiento de las plantas.

“Funcionó desde el primer día en que comencé a usarla”, dice Isagani Concepción, ingeniero supervisor y agricultor a tiempo parcial de San Manuel, localidad de la provincia de Tarlac. Las pruebas se realizaron en el arrozal de cuatro hectáreas del Sr. Concepción, quien después de introducir la carragenina modificada, observó un aumento de la producción del 30 %. “Solía cosechar 291 cavanos, pero ahora ya llego a los 378. Incluso rociando una pequeña dosis, la eficacia es la misma que con el uso de fertilizantes orgánicos”. Un caván es un saco de unos 50 kg.

Las plantas también comenzaron a desarrollar raíces más largas, tallos más robustos y un mayor número de macollas. Eso, afirma el Sr. Concepción, las ha hecho resilientes frente a los tifones. En Bulacán, el tifón Lando arrasó en 2015 todas las plantas del grupo de control que no habían sido tratadas con carragenina irradiada. Pero las que habían sido tratadas con el nuevo promotor del crecimiento se mantuvieron en pie.

Para los agricultores de Asia oriental, este producto irradiado es oportuno en un momento en el que, según las previsiones del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas, el aumento de las temperaturas calentará los océanos, lo que para esos agricultores significa que la intensidad y la frecuencia de los tifones pueden aumentar.

Los investigadores agrónomos del Centro Nacional de Protección de Cultivos de la Universidad de las Filipinas, en Los Baños, probaron los beneficios de la carragenina como promotora del crecimiento de las plantas en una superficie de más de 5 000 hectáreas. El OIEA facilitó irradiadores y brindó capacitación sobre su uso a los expertos locales. En el marco de un estudio realizado en Pulilán, una demarcación central de la provincia de Bulacán, los investigadores constataron que el rendimiento de las cosechas en las zonas rociadas era un 65 % mayor que el del grupo de control, aunque solo se había utilizado la mitad de la dosis de fertilizante recomendada.

“La primera diferencia que notamos fue que sus efectos fertilizantes duraban mucho tiempo” declara Joselito Colduron, agricultor de Bulacán. “Y que la punta del tallo que contenía los granos de arroz estaba a rebosar”.

La radiación sustituye a los productos químicos

La tecnología en cuestión consiste en someter a radiación el material para reducir el peso molecular de la carragenina y aumentar de esa manera su efectividad. La carragenina

es una combinación de polímeros naturales procedentes de las algas, que tiene un alto peso molecular, explica Sunil Sabharwal, especialista en tratamiento por irradiación del OIEA. La irradiación con rayos gamma degrada la carragenina natural en oligómeros más pequeños, cuyo peso molecular es comparativamente bajo y de los que se sabe que estimulan el crecimiento de las plantas.

“Nosotros hacemos con la radiación lo que otros hacen con productos químicos, cuyo uso produce a menudo residuos que pueden ser nocivos para las personas y el medio ambiente”, dice Lucille Abad, Jefa de la División de Investigaciones Atómicas del Instituto Filipino de Investigaciones Nucleares (PNRI), perteneciente al Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Los agricultores también notaron que las plantas se hacían más resistentes a insectos y artrópodos, como los ciempiés, al someterlas a tratamiento con carragenina tratada por irradiación. Al mismo tiempo, aumentaba la población de arañas, depredadoras de las cigarrillas verdes, que son portadoras de virus. “No tuvimos que usar plaguicidas porque nos dimos cuenta de que los insectos, menos nocivos, se encargaban de ahuyentar las plagas. Esos insectos han contribuido a la disminución del número de plagas y hemos dejado de usar insecticidas”, dice el Sr. Calduron.

Esta tecnología influye también en el peso. Los agricultores registraron un aumento de aproximadamente 9 % por saco. Y el aumento del peso de los granos repercute también en la longitud del tallo y la espiga del arroz, que ha mejorado a tenor de las observaciones hechas mediante la comparación de las plantas tratadas con carragenina con las de explotaciones agrícolas convencionales.

“El promotor del crecimiento de las plantas a base de carragenina es la respuesta a la baja productividad de las cosechas”, dice el Sr. Abad. “Esta tecnología mejora el rendimiento de los cultivos y, con ello, el sustento de los agricultores”.

Aplicaciones industriales de la tecnología de la radiación

Las primeras investigaciones sobre la carragenina modificada por irradiación se realizaron en el PNRI. Dos instalaciones (una de irradiación gamma semiautomatizada y otra de haces de electrones, creadas con la asistencia del OIEA) son las herramientas de que disponen los investigadores del instituto para satisfacer las necesidades de sus clientes de la industria y de los mundos académico y de la investigación.

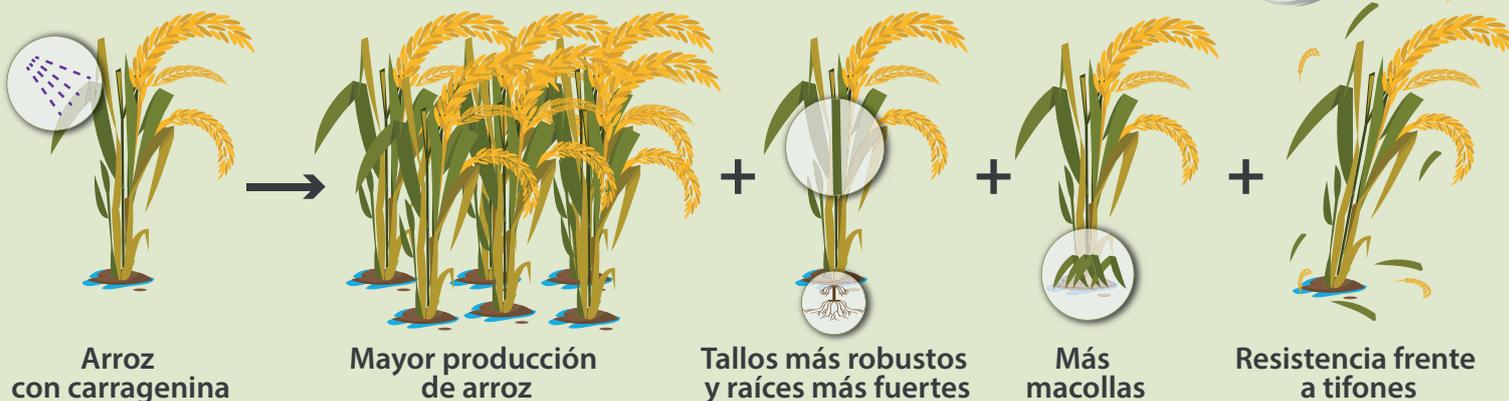
“Irradiamos los alimentos para reducir la carga microbiana con objeto de lograr su inocuidad”, declara Luvimina Lanuza, Jefa de los Servicios de Irradiación del PNRI. “Eso incluye especias, productos a base de plantas, verduras deshidratadas, materias primas para cosméticos y accesorios”.

Según la Sra. Lanuza, la irradiación ofrece muchas ventajas frente a otros métodos basados en productos químicos. Por ejemplo, la irradiación es un proceso que se realiza en frío y que permite la modificación de materiales de plástico sin fundirlos. Los rayos gamma son muy penetrantes, lo que significa que pueden irradiar productos alimentarios en su envase final. Tan solo en 2017, el personal del PNRI irradió 1 400 metros cúbicos de productos alimentarios y no alimentarios.

“El año próximo tenemos previsto superar esas cantidades” dice la Sra. Lanuza. Por medio de un proyecto de cooperación técnica del OIEA, están modernizando la instalación de irradiación gamma semiautomática con objeto de automatizarla completamente. “Con la modernización de esta instalación esperamos ser capaces de ofrecer aún más servicios y atender también las necesidades de la industria médica en lo referente a la esterilización de instrumental médico”.

(Infografía: R. Kenn/OIEA)

Los efectos de la carragenina irradiada



Una nueva variedad mutante de caupí ayuda a los agricultores de Zimbabwe en zonas propensas a la sequía

Aabha Dixit y Svetlomir Slavchev



La nueva variedad de caupí (CBC5) se desarrolló en Zimbabwe a través de la mejora por inducción de mutaciones utilizando la irradiación.

(Fotografía: Prince M. Matova / Instituto de Mejoramiento de Cultivos, Zimbabwe)

Los agricultores de Zimbabwe han observado un aumento de entre un 10 y un 20 % en el rendimiento de sus cultivos de caupí gracias a una nueva variedad obtenida mediante técnicas nucleares. Esta nueva variedad, desarrollada con el apoyo del OIEA y de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se presentó en noviembre de 2017 y ha demostrado una mayor tolerancia a la sequía y resistencia a los insectos, lo que permite que los agricultores afronten mejor los efectos del cambio climático, sobre todo en las zonas más propensas a la sequía.

“El cambio climático, la sequía, las plagas de insectos y las enfermedades, así como la baja fertilidad del suelo, nos afectan a los pobres. Nuestro cultivo principal era el maíz, pero ahora hemos complementado nuestra canasta de alimentos con el caupí”, dice el agricultor Tafirenyika Gumbomunda. “Hacemos frente al cambio climático con tecnología avanzada que ha producido un caupí tolerante a la sequía”.

La nueva variedad, denominada CBC5, se obtuvo utilizando la irradiación, un proceso que se emplea a menudo para inducir en los cultivos nuevos rasgos útiles (véase el recuadro “Base científica”).

Una nueva variedad de caupí tolerante a la sequía

El caupí es una de las cuatro legumbres más importantes que se cultivan y consumen en Zimbabwe y desempeña un papel fundamental en el suministro de alimentos del país. Al ser un cultivo de subsistencia, lo siembran principalmente los agricultores con escasos recursos, declara Prince Matova, científico fitomejorador del Instituto de Mejoramiento de Cultivos (CBI) del Ministerio de Agricultura de Zimbabwe. “A diferencia de otros cultivos, el caupí requiere menos agua y es más adecuado para suelos pobres y climas más secos. Las investigaciones en curso tienen como objetivo hacerlo aún más tolerante a la sequía, más denso en nutrientes y más aceptable para agricultores y consumidores”. El caupí es una fuente natural rica en proteínas, zinc, hierro y vitaminas.

Según el Sr. Matova, el caupí es un cultivo de nicho que crece en las zonas más áridas de Zimbabwe y otras partes del África subsahariana que reciben un promedio de tan solo 250-300 mm de lluvia al año, y añade que “nos preocupa que la producción de cultivos se haya visto impactada por los efectos del cambio climático”.

“Las reses de los ganaderos también están muriendo de hambre ya que casi no hay pasto para alimentarlas en la mayoría de estas zonas, especialmente durante las estaciones más secas”, añade. El follaje del caupí puede emplearse como forraje para el ganado y complementar su alimentación cuando los pastos están secos en temporada baja. “Esta nueva variedad mutante del caupí produce mucho forraje que los agricultores y ganaderos pueden aprovechar en apoyo de sus sistemas de cultivo y ganadería”, agrega el Sr. Matova.

El caupí no solo da de comer a las familias, sino que también puede ayudar a pagar las tasas escolares con el dinero de su venta, señala el Sr. Gumbomunda.

Transferencia de tecnología, investigación, apoyo de laboratorio y distribución

El CBI envió las semillas de caupí para su irradiación al Laboratorio de Fitomejoramiento y Fitogenética de la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Alimentación y la Agricultura en Seibersdorf (Austria), tras lo cual las semillas se devolvieron al Instituto para que este seleccionara las variedades con rasgos favorables de entre los muchos mutantes obtenidos.

“Después de recibir las semillas, generamos poblaciones de mutantes, seleccionamos plantas con rasgos mejorados y pusimos a prueba su rendimiento y tolerancia a la sequía”, explica el Sr. Matova.

El OIEA, por conducto de su programa de cooperación técnica, ha ayudado a los científicos de Zimbabwe brindándoles capacitación y equipo. Se ha capacitado al personal del CBI y a los socios colaboradores en técnicas de reproducción, incluidas las metodologías para la selección de variedades preferidas de mutantes.

Se concedieron becas para capacitar a cuatro fitomejoradores en el uso de métodos de cribado rápidos y eficaces en relación



Agricultores con la cosecha de la nueva variedad mutante de caupí (CBC5) en Matebeleland South (Zimbabwe).

(Fotografía: Prince M. Matova / Instituto de Mejoramiento de Cultivos, Zimbabwe)

con la tolerancia a la sequía y la resistencia a las plagas de insectos, señala el Sr. Matova. También se ofreció formación en técnicas de selección asistida por marcadores, un proceso de selección indirecto de los rasgos de interés en el laboratorio sobre la base de marcadores genéticos.

Además, el apoyo infraestructural consistió en establecer un laboratorio molecular y tres invernaderos especializados en el CBI para seleccionar las variedades tolerantes a la sequía y resistentes a las plagas de insectos. Esta asistencia ha posibilitado un proceso rápido para el desarrollo, la evaluación y la selección de cepas mutantes de la variedad de caupí. Asimismo, el apoyo ha contribuido a que el desarrollo de variedades futuras sea más riguroso y eficiente, subraya.

BASE CIENTÍFICA

Mejora por inducción de mutaciones de cultivos

La mutación espontánea de plantas se produce de forma habitual en la naturaleza, pues estas se adaptan constantemente a un entorno cambiante. Este proceso puede tomar miles de años, pero los científicos pueden acelerarlo utilizando técnicas nucleares.

La mejora por inducción de mutaciones es un proceso que permite desarrollar plantas con rasgos deseados de un modo más rápido que la reproducción convencional. Se basa en la inducción de modificaciones genéticas heredables (mutaciones) en el material vegetal por medio de rayos gamma, rayos X u otras fuentes de irradiación.

Se producen variedades mejoradas de cultivos para que prosperen en condiciones difíciles, o para mejorar su valor

nutricional, la resistencia a enfermedades o plagas, para que crezcan en suelos salinos o para que utilicen el agua y los nutrientes de manera más eficiente. Cada planta, después de la selección de los rasgos agronómicos mejorados, se multiplica y distribuye entre los agricultores.



Una aproximación al riego por goteo

El riego por goteo es una técnica de irrigación que tiene por fin mejorar el uso que se hace del agua con el objetivo de maximizar el rendimiento de los cultivos. Consiste en aplicar lentamente agua de manera directa a las raíces de las plantas para reducir al mínimo la evaporación y las fugas de agua, y utiliza técnicas nucleares para determinar la cantidad exacta de agua que necesita una planta y los tiempos e intervalos de aplicación adecuados.

Los científicos utilizan una sonda de neutrones para monitorizar los niveles de humedad del suelo. Durante las mediciones, la sonda emite neutrones rápidos que colisionan con los átomos de hidrógeno del agua presentes en el suelo.

La colisión ralentiza los neutrones, y cuanto mayor sea el número de átomos de hidrógeno, mayor será la desaceleración que experimenten los neutrones. La sonda detecta este cambio de velocidad y suministra una lectura que corresponde al nivel de humedad del suelo.

El agua es un recurso esencial para la producción de alimentos: se estima que el 70 % del uso de agua dulce en el mundo se destina a la agricultura, y la demanda va en aumento. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) prevé que, para 2050, la demanda de agua con fines agrícolas se incrementará en un 50 % debido, en parte, al crecimiento de la población.

— *Margot Dubertrand*

(Fotografía: N. Jawerth/OIEA)



La función de las técnicas nucleares en la agricultura climáticamente inteligente

Christoph Müller



Christoph Müller es profesor de Fitoecología Experimental en la Universidad Justus Liebig de Giessen y profesor del Colegio Universitario de Dublín. Sus principales áreas de investigación son el efecto del cambio climático en los procesos ecológicos, los ciclos elementales en los ecosistemas terrestres y los procesos de producción de gases traza que pueden influir en el clima.

El reto al que nos enfrentamos actualmente en la esfera de la agricultura es aumentar la producción para alimentar a una población mundial cada vez más numerosa, manteniendo al mismo tiempo al mínimo los costes ambientales. El término “agricultura climáticamente inteligente” hace referencia a sistemas agrícolas altamente productivos y que tienen una huella ecológica baja. Estas opciones de gestión de los sistemas mejoran la transferencia al suelo del carbono atmosférico, o dióxido de carbono, para su almacenamiento a largo plazo, limitando la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera.

Sin embargo, no es todo tan sencillo, ya que la productividad de estos sistemas no solo depende de la cantidad total de carbono, sino también de la proporción de este elemento con respecto a todo el resto de nutrientes esenciales que las plantas necesitan para crecer. Por ese motivo, la clave para unos sistemas de agricultura climáticamente inteligente sostenibles es garantizar una gestión adecuada de los nutrientes, en particular del nitrógeno.

Gracias a los revolucionarios descubrimientos realizados en el siglo XIX por Justus Liebig, entre otros, se supo que las plantas absorben el nitrógeno principalmente en forma mineralizada.

Este descubrimiento permitió formular estrategias a base de fertilizantes químicos y, en última instancia, dio lugar a la “revolución verde” (un conjunto de metodologías de transferencia de tecnología gracias a las cuales aumentó la producción agrícola en todo el mundo y ayudaron a alimentar a una población cada vez más numerosa, especialmente en los países en desarrollo durante la década de 1960).

Ese progreso, sin embargo, vino acompañado de un efecto colateral. Las plantas comenzaron a absorber más nitrógeno, al igual que los microbios. La absorción por parte de estos microbios es la principal responsable de que los niveles de óxido nítrico atmosférico (N_2O) hayan aumentado en un 25 %. El óxido nítrico no solo tiene potencial de calentamiento climático, sino que además es un gas nocivo para la capa de ozono que puede permanecer en la atmósfera más de 100 años.

El reto para los sistemas de agricultura climáticamente inteligente consiste en desvincular la utilización de fertilizantes sintéticos del crecimiento demográfico: alimentar a la población sin añadir más nitrógeno. Una manera de conseguirlo es suministrar nitrógeno a las plantas, convirtiendo en disponible el nitrógeno no disponible almacenado en la materia orgánica del suelo, por ejemplo en el amonio, el nitrato o los sustratos orgánicos que las plantas tienen a su alcance. La eficacia de este uso del nitrógeno en los sistemas agrícolas puede evaluarse mediante lo que se conoce como eficiencia del uso del nitrógeno, es decir, la relación entre el nitrógeno en el suelo y el que absorben las plantas.

Los sistemas de agricultura climáticamente inteligente refuerzan la capacidad del suelo de almacenar nutrientes y agua mediante opciones de gestión que aumentan el contenido de materia orgánica del suelo, haciendo que sea resiliente al cambio climático. Ese incremento en la fertilidad del suelo aumentará, a largo plazo, su capacidad de aportar nitrógeno internamente. Si se tiene en cuenta esa capacidad del suelo de suministrarse nitrógeno a sí mismo, se puede reducir la cantidad de fertilizante que se utiliza y mejorar la eficiencia del uso del nitrógeno.

Función del OIEA en la agricultura climáticamente inteligente

El OIEA, en colaboración con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), ayuda a los Estados Miembros a que apliquen técnicas nucleares y otras técnicas conexas para aumentar de forma sostenible la productividad agrícola, adaptar

los sistemas agrícolas y de seguridad alimentaria al cambio climático y aumentar su resiliencia, y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura, teniendo en cuenta las prioridades y las características particulares nacionales y locales.

El papel de la tecnología nuclear

El efecto de las prácticas agrícolas en las dinámicas de almacenamiento de carbono y de aportación de nitrógeno a nivel interno solo se puede evaluar y cuantificar mediante técnicas nucleares e isotópicas que utilizan el nitrógeno 15 y otros isótopos. El nitrógeno 15 permite cuantificar la aportación de nitrógeno procedente de diversas fuentes, incluidos fertilizantes y suelos. Gracias a esta técnica, los científicos también pueden determinar qué cultivos de legumbres capturan mejor el nitrógeno atmosférico mediante la fijación biológica de nitrógeno, mejorando así la fertilidad del suelo, así como su calidad y su estado.

Es importante evaluar las técnicas de agricultura climáticamente inteligente que tienen por objeto reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, como el N_2O . Con la ayuda de técnicas de marcado con nitrógeno 15 u oxígeno 18 es posible determinar y cuantificar la fuente exacta de producción de N_2O , lo que permite a investigadores y usuarios de la tierra optar por la estrategia de mitigación adecuada para reducir sus emisiones. Otra forma de reducir

las emisiones de N_2O es mejorar su conversión en N_2 , que es inocuo para el medio ambiente, mediante opciones de gestión que optimicen la aportación de carbono o aumenten el pH del suelo. De una u otra manera, es esencial medir tanto las emisiones de N_2O como las de N_2 . Para cuantificar las emisiones de N_2 del suelo, el único método disponible se basa en el marcado del nitrato con nitrógeno 15.

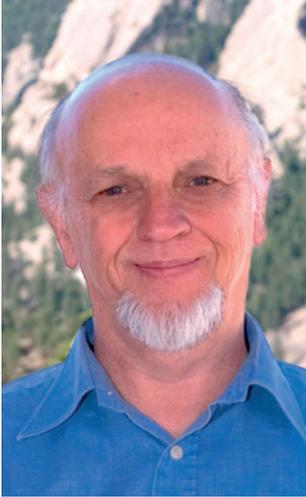
Las técnicas nucleares desempeñan una función esencial en la evaluación de las opciones de gestión utilizadas en la agricultura climáticamente inteligente. Los métodos científicos básicos relacionados con la utilización de técnicas nucleares permiten a los científicos cuantificar los efectos de las opciones de gestión en la dinámica del nitrógeno dentro de los sistemas planta-suelo-atmósfera. A menudo constatamos que las técnicas nucleares son la única opción para evaluar prácticas de este tipo de agricultura, tanto en términos de los efectos del almacenamiento de carbono en el suelo como de los procesos responsables de la emisión de gases que pueden influir en el clima.

Las técnicas nucleares desempeñan una función esencial en la evaluación de las opciones utilizadas en la agricultura climáticamente inteligente. En la imagen, Christoph Müller dirige a un grupo de expertos de los Estados Miembros del OIEA mientras analizan el contenido de nitrógeno del suelo en un estudio de campo. (Fotografía: OIEA)



El papel de la energía nuclear en el logro de los objetivos climáticos del Acuerdo de París

Tom M.L. Wigley



Tom M. L. Wigley es climatólogo de la Universidad de Adelaida. Anteriormente fue Director del Departamento de Investigaciones Climáticas de la Universidad de Anglia del Este. Sus principales áreas de investigación son el análisis de datos climáticos y la elaboración de modelos relativos al clima, el nivel del mar y el ciclo del carbono. Ha sido nombrado miembro de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia por sus aportaciones en esas esferas.

La función que podría desempeñar la energía nuclear en el logro de las metas para limitar el calentamiento global en virtud del Acuerdo de París sobre el cambio climático depende, principalmente, de las emisiones que haya que reducir. Se trata de un proceso de dos fases: antes de analizar la ayuda que la energía nuclear puede prestar, deberemos asegurarnos de que nuestras metas sean realistas.

Metas realistas

El Acuerdo de París, un documento histórico en la lucha contra el cambio climático basado en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), especifica los objetivos de la lucha contra el calentamiento global de dos maneras diferentes:

Artículo 2.1 a):

Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales [...].

Artículo 4.1:

[...]las Partes se proponen [...] alcanzar un equilibrio entre las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción antropógena por los sumideros en la segunda mitad del siglo [...].

En su artículo 4.1, el Acuerdo establece asimismo que las reducciones de emisiones deberán realizarse “(...) de conformidad con la mejor información científica disponible (...)”

Estas cuestiones presentan algunos problemas.

En primer lugar, el artículo 2.1 a) exige que las temperaturas se mantengan en todo momento por debajo de los objetivos de calentamiento especificados. Aunque lograrlo es técnicamente posible, y también altamente improbable, sería mucho más sencillo permitir cierto exceso de calentamiento hasta que las temperaturas regresaran finalmente a los objetivos declarados. Sin embargo, eso da lugar a otra pregunta científica: qué margen y qué duración podría tener ese exceso para seguir

cumpliendo el objetivo más general de la CMNUCC de impedir “interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático”, entendiéndose por ‘interferencias antropógenas’ la contaminación provocada por la actividad humana.

En segundo lugar, es posible que el objetivo del artículo 4.1 sea, de acuerdo con la mejor información científica disponible, incompatible con el artículo 2.1 a). Si se permite exceder las temperaturas, lo cual, a mi juicio, es necesario, no habrá ninguna necesidad de reducir a cero las emisiones de CO₂ antes de que finalice el siglo para lograr el objetivo de 2 °C, que es como a menudo se interpreta el artículo 4.1. Incluso es posible alcanzar el objetivo de 1,5 °C con un exceso adecuado sin necesidad de adentrarse en el territorio de las emisiones negativas (véase la figura). Sin embargo, las emisiones negativas sí serían necesarias con un exceso en menor escala, a partir del año 2060 más o menos, lo cual es conforme al artículo 4.1. Si ese fuera el caso, los sumideros residuales de larga duración oceánicos y terrestres permitirían finalmente que las emisiones volvieran a situarse por encima de cero.

Estas cuestiones se ilustran en la figura adjunta, en la que las emisiones de CO₂ se han calculado especificando primeramente una trayectoria de calentamiento (véase el gráfico superior, que muestra dos casos para el objetivo de 1,5 °C) y, a continuación, desarrollando un modelo climático en modo inverso para eliminar las emisiones exigidas de CO₂ a partir de los combustibles fósiles (véase el gráfico central). Eso nos permite calcular las trayectorias de concentración de CO₂ correspondientes.

¿Y la energía nuclear?

¿Qué papel podría desempeñar la energía nuclear para alcanzar los objetivos de la trayectoria de emisiones representados en el gráfico central de la figura? Esta pregunta se puede contestar, en parte, usando los resultados generados con los modelos de evaluación integrados (los modelos sobre aspectos económicos de la energía usados para proyectar los detalles y consecuencias de la demanda de energía futura), publicados en el marco del Programa Científico de los Estados Unidos sobre el Cambio Climático.

Se encomendó a tres equipos de especialistas en creación de modelos de evaluación integrados, muy consolidados y de prestigio mundial, la tarea de desarrollar una serie de escenarios de mitigación basados en políticas, utilizando los modelos IGSM, MERGE y MiniCAM. En dichos escenarios se lograban los objetivos mediante:

- la reducción de la demanda energética de uso final, por ejemplo, introduciendo mejoras en materia de conservación y eficiencia;
- el aumento de la producción de energía a partir de la biomasa, las energías renovables distintas de la biomasa (principalmente la eólica y la solar) y la energía nuclear, y
- la captura y el almacenamiento de carbono.

La reducción de emisiones de CO₂ en todos los escenarios, incluidos los de referencia, se da tanto de manera espontánea (es decir, sin la introducción de nuevas políticas de mitigación), como a raíz de la puesta en marcha de políticas. Eso significa que, incluso en los escenarios de referencia, se dan aumentos en tecnologías energéticas sin emisiones de carbono hasta el punto de que para 2100 entre el 19 y el 29 % de la producción de energía primaria no emitiría carbono. Sin embargo, para lograr el objetivo de los 2 °C se requieren más reducciones masivas de las fuentes de energía primaria que generan CO₂.

El cuadro inferior muestra un desglose porcentual por modelos de las aportaciones a la reducción en la producción de energía primaria para el año 2100, en relación con los niveles de energía primaria de referencia.

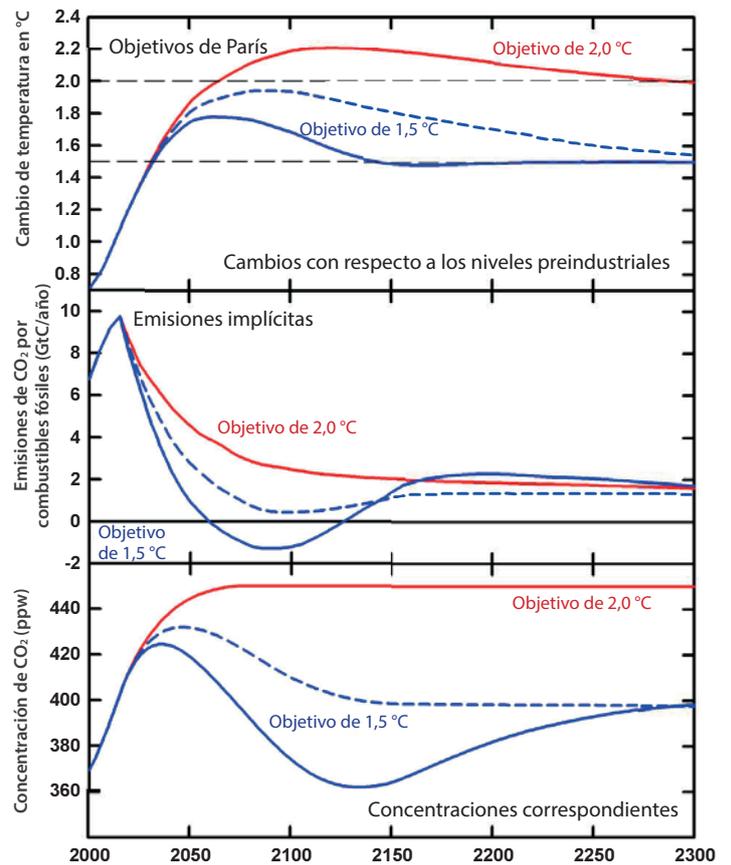
El IGSM es un modelo claramente atípico en términos de reducción de la demanda de energía. Eso sucede porque los creadores de ese modelo asumieron que solo habría cambios mínimos en la producción de energía nuclear debido, principalmente, al sentimiento antinuclear de la población. Al quedar reducida al mínimo la función de la energía nuclear, la mayor parte de las reducciones de las emisiones procederían de la reducción de la demanda. Los otros dos modelos muestran un desglose muy diferente al del IGSM y atribuyen un papel mucho más importante a la energía nuclear.

Para añadir contenido a los porcentajes, los valores, expresados en exajulios (EJ), de la energía primaria producida con energía nuclear para 2100 correspondiente a cada modelo son los siguientes: 238 EJ con el modelo MERGE (para un total de 491 EJ de energía primaria); 185 EJ con el modelo MiniCAM (total: 1 288 EJ) y tan solo 20 EJ con el modelo IGSM (total: 1 343 EJ). En 2000, los 451 reactores nucleares de potencia que siguen aún hoy en funcionamiento generaron unos 8 EJ de electricidad, lo que equivale a unos 26 EJ de energía primaria; eso significa que el modelo IGSM en realidad proyecta un descenso de la producción de energía nuclear. Los modelos MERGE y MiniCAM prevén un aumento en un factor de nueve y siete, respectivamente, entre 2000 y 2100.

Existen sólidas pruebas, no obstante, de que la importancia que se da a la energía nuclear podría aumentar a un ritmo mucho más rápido, como atestigua el rápido crecimiento histórico experimentado en Francia y Suecia cuando esos países decidieron apostar por la energía nuclear. Si eso ocurriera, la energía nuclear podría, y debería, desempeñar un papel mucho más importante del que podrían indicar los modelos descritos anteriormente.

Modelo	Demanda	Biomasa	Renovables	Nuclear	Captura de carbono	Residual
IGSM	50,4 %	17,3 %	3,3 %	1,5 %	16,8 %	10,7 %
MERGE	27,6 %	17,5 %	12,3 %	16,0 %	21,1 %	5,6 %
MiniCAM	18,7 %	17,9 %	13,7 %	14,4 %	22,8 %	12,5 %

Contribución de diversas fuentes a la reducción de la producción de energía primaria. "Residual" se refiere a la cantidad de energía primaria producida que sigue emitiendo CO₂.



Si se permite exceder temporalmente los objetivos del Acuerdo de París, las emisiones de CO₂ no tienen por qué ser negativas. (Fuente: Wigley, Climatic Change 147, 31 a 45, 2018)

Una apuesta más agresiva por la energía nuclear conllevaría evidentes ventajas. Ante todo, la energía nuclear es la única fuente capaz de suministrar electricidad de manera continua (en carga base) sin emitir carbono, con una huella mucho menor que la de las renovables. En su mayor parte, las desventajas percibidas no son reales: las estimaciones de costos recientes de construcción y generación de electricidad relativas a los reactores modulares pequeños son, cuando menos, tan competitivas como las de las tecnologías basadas en los combustibles fósiles y en las energías renovables; es posible que las tecnologías de la cuarta generación también resuelvan el problema de los desechos; los reactores modernos incorporan elementos de seguridad pasiva; y los riesgos de proliferación son mínimos. En el contexto del clima, con sus difíciles objetivos, ignorar el importante papel que puede desempeñar la tecnología nuclear sería, a mi entender, una temeridad.

Instituciones de tres países hacen donaciones para contribuir a la modernización de los laboratorios del OIEA

Instituciones de investigación nuclear de Polonia, Marruecos y Filipinas han aportado cerca de 30 000 euros a la modernización en curso de los laboratorios de aplicaciones nucleares del OIEA en Seibersdorf (Austria).

“La labor del OIEA en las esferas de la protección radiológica, la dosimetría y la medicina nuclear, entre otras, es de vital importancia para atender las necesidades de los Estados Miembros y para que avance la ciencia” declara Andrzej Chmielewski, Director General del Instituto de Química y Tecnología Nuclear de Polonia. “Con nuestra aportación, esperamos contribuir a la capacidad del OIEA para llevar a cabo actividades de investigación y desarrollo y de capacitación”.

Además de la institución polaca, otras dos instituciones han realizado

aportaciones: el Instituto Filipino de Investigaciones Nucleares y el Centro Nacional de Energía, Ciencias y Tecnologías Nucleares de Marruecos.

Los trabajos de modernización incluyen la construcción de dos nuevos edificios: un Laboratorio de Lucha contra Plagas de Insectos y el Laboratorio Modular Flexible, que albergará el Laboratorio de Producción Pecuaria y Salud Animal, el Laboratorio de Protección de los Alimentos y del Medio Ambiente y el Laboratorio de Gestión de Suelos y Aguas y Nutrición de los Cultivos. También se introducirán mejoras en el resto de los laboratorios, se adquirirá nuevo equipo y se modernizará la infraestructura.

“Nos alegra recibir tanto apoyo de instituciones que reconocen la importancia de la labor que realizamos en el terreno de las

aplicaciones nucleares”, dice Andy Garner, Coordinador de Laboratorio y responsable en el OIEA del proyecto de modernización del laboratorio. “Seguiremos fomentando las alianzas con instituciones nacionales, así como con empresas privadas, para mejorar la capacidad del OIEA de prestar apoyo de calidad a nuestros Estados Miembros”.

También añade que los Estados Miembros están descubriendo nuevas vías para contribuir a la labor de modernización en curso y que las instituciones son una de ellas.

Las contribuciones en efectivo para las obras de modernización, principalmente en forma de contribuciones extrapresupuestarias de los gobiernos nacionales, ascienden ya a más de 32 millones de euros desde 2014.

— Matt Fisher

Atajar la obesidad infantil en Europa con la ayuda de técnicas nucleares: simposio del OIEA en el Congreso Europeo sobre Obesidad

La obesidad infantil es un fenómeno en aumento en todo el mundo y se está convirtiendo rápidamente en uno de los problemas de salud pública más graves del siglo XXI, según la Organización Mundial de la Salud (OMS). Un proyecto del OIEA presentado el pasado mes de mayo en el Congreso Europeo sobre Obesidad de 2018 (ECO 2018) está ayudando a profesionales de la nutrición y de la salud de diez países europeos a evaluar la composición corporal mediante técnicas de isótopos estables. Los datos recopilados permitirán a los encargados de formular políticas diseñar intervenciones para prevenir y controlar la obesidad infantil.

El simposio, titulado ‘Evaluación de la composición corporal para comprender mejor los riesgos relacionados con la obesidad infantil y diseñar intervenciones eficaces’ y organizado por el OIEA, fue un evento paralelo del ECO 2018. Se presentaron estudios de casos de Bosnia y Herzegovina y Letonia sobre el uso en dichos países de la técnica de dilución del óxido

de deuterio para medir con exactitud la grasa corporal, considerada como un factor de riesgo para la obesidad entre los niños en edad escolar. La información recopilada en este proyecto contribuirá a la formulación de políticas e intervenciones para reducir la obesidad en Europa. Estos dos países ya están participando en la Iniciativa Europea para la Vigilancia de la Obesidad Infantil, dirigida por la OMS.

La carga creciente de la obesidad infantil

Según la OMS, uno de cada tres niños de once años en Europa y Asia Central padece sobrepeso u obesidad. Los cambios en los hábitos alimentarios, un estilo de vida sedentario y la falta de ejercicio físico son los principales causantes del incremento de las tasas de obesidad. Si no se toman medidas, los niños con sobrepeso y obesidad mantendrán probablemente esa condición hasta la edad adulta, lo que conlleva un mayor riesgo de desarrollar enfermedades no transmisibles, como la diabetes

y enfermedades cardiovasculares, a una edad más temprana.

“El proyecto, estrechamente vinculado con las estrategias regionales de la OMS en materia de obesidad infantil y de prevención de enfermedades no transmisibles, proporcionará una base empírica, muy necesaria, para formular políticas y diseñar unas intervenciones eficaces” declara Inese Sikсна, nutricionista del Instituto de Inocuidad de los Alimentos, Sanidad Animal y Medio Ambiente de Letonia.

Un seguimiento exacto de la obesidad

Durante el simposio, expertos del OIEA debatieron de qué manera se puede utilizar la composición corporal para llevar a cabo un seguimiento exacto de la obesidad, mientras que representantes de la OMS y otros asociados trataron la importancia de utilizar datos exactos, obtenidos con la ayuda de técnicas de isótopos estables, en la elaboración de políticas.

Aida Filipović Hadžiomerađić, del Instituto de Salud Pública de Bosnia y Herzegovina, señaló la importancia de la colaboración en el intercambio de conocimientos especializados y generales en esa materia. “Los talleres y cursos de capacitación celebrados anteriormente han sido de gran ayuda a los representantes de Bosnia y Herzegovina, como médicos, enfermeros y técnicos, para adquirir las aptitudes y los conocimientos especializados necesarios para evaluar la composición corporal usando la técnica de dilución del deuterio mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y la impedancia bioeléctrica, así como para utilizar la acelerometría a fin de medir los niveles de actividad

física y el comportamiento sedentario de los niños”, afirma Filipović.

El OIEA ha suministrado equipo de FTIR a las autoridades de Albania, Bosnia y Herzegovina, Grecia y Montenegro para ayudarles en el análisis del enriquecimiento en deuterio de las muestras de saliva de los diez países participantes. Este proyecto se está ejecutando por conducto del programa de cooperación técnica del OIEA.

La técnica de dilución del deuterio también puede usarse como método de referencia a fin de validar enfoques actuales para la detección sistemática y la supervisión de la obesidad en Letonia, señala Siksna.

El simposio se organizó en colaboración con la Organización Mundial de la Salud (Oficina Regional para Europa), la Asociación Europea para el Estudio de la Obesidad y N8 AgriFood, un programa de investigación multidisciplinaria que se lleva a cabo en ocho universidades del norte de Inglaterra.

Los países participantes en el proyecto son Albania, Bosnia y Herzegovina, la ex República Yugoslava de Macedonia, Grecia, Hungría, Letonia, Moldova, Montenegro, Portugal y Ucrania. El Organismo presta asistencia a esos países en la coordinación general del proyecto y les proporciona equipo, conocimientos especializados y capacitación.

— Mariam Arghamanyan

Publicación de las orientaciones del OIEA sobre la gestión de fuentes radiactivas en desuso

Las *Orientaciones sobre la Gestión de las Fuentes Radiactivas en Desuso*, refrendadas por la Conferencia General del OIEA en su 61ª reunión celebrada en septiembre de 2017, ya están disponibles en el sitio web del Organismo. Este documento, junto con las *Directrices sobre la Importación y Exportación de Fuentes Radiactivas*, constituye unas orientaciones complementarias del *Código de Conducta sobre la Seguridad Tecnológica y Física de las Fuentes Radiactivas*.

En el mundo hay millones de fuentes radiactivas en uso en la medicina, la industria, la agricultura y la investigación. Las fuentes pueden seguir siendo radiactivas mucho tiempo después del final de su vida útil, por lo que es esencial gestionarlas y protegerlas en condiciones de seguridad tecnológica y física. El Código de Conducta y sus documentos complementarios fomentan la gestión y la protección facilitando orientaciones sobre desarrollo, armonización y aplicación de políticas, leyes y reglamentos nacionales, y promoviendo la cooperación internacional y regional entre los Estados Miembros.

“Las Orientaciones fomentan una cultura más rigurosa de la seguridad radiológica, tanto tecnológica como

física, que se verá más reforzada en cuanto los Estados Miembros pongan en práctica las recomendaciones que figuran en las Orientaciones”, dice Hilaire Mansoux, Jefe de la Sección de Infraestructura de Reglamentación y de Seguridad del Transporte del OIEA.

Las Orientaciones, que no son jurídicamente vinculantes, describen una serie de opciones para la gestión y la protección de las fuentes radiactivas en desuso y resumen las responsabilidades de las partes pertinentes, incluidos los órganos reguladores. Hacen hincapié en la disposición final como la opción definitiva en materia de gestión de las fuentes en desuso y alientan a los países a elaborar políticas y estrategias nacionales para gestionar las fuentes radiactivas en desuso en condiciones de seguridad tecnológica y física. También contienen disposiciones sobre relaciones bilaterales, entre otras cuestiones en materia de asesoramiento sobre devolución de las fuentes cuando se hayan convenido tales arreglos.

Muhammed Khaliq, Jefe de la Sección de Seguridad Física Nuclear de los Materiales y las Instalaciones del OIEA, señala que, una vez aplicadas, estas Orientaciones fortalecerán además la seguridad física nuclear.

“Un control reglamentario y de la gestión de las fuentes radiactivas durante toda su vida útil eficaz y constante es de vital importancia para prevenir actos dolosos con consecuencias radiológicas perjudiciales”, afirma.

Los Estados Miembros contraen lo que se denomina un compromiso político respecto del Código y sus orientaciones complementarias mediante una carta oficial dirigida al OIEA en la que afirman su decisión de actuar de conformidad con esas recomendaciones. De los 170 Estados Miembros del OIEA, 137 han expresado hasta la fecha su compromiso respecto del Código de Conducta y 114 respecto de las Directrices sobre la Importación y Exportación de Fuentes Radiactivas.

El OIEA presta apoyo a los Estados Miembros en la aplicación del Código de Conducta y los documentos de orientación a través de proyectos y el intercambio de información. Esto incluye un procedimiento oficial establecido en 2006. La primera reunión internacional para intercambiar experiencias en materia de aplicación de las *Orientaciones sobre la Gestión de las Fuentes Radiactivas en Desuso* está prevista para 2020 en Viena.

— Matt Fisher

Estados Miembros explotadores y en fase de incorporación al ámbito de la energía nucleoelectrónica debaten la financiación de la gestión de los desechos y de las actividades de clausura en una reunión del OIEA

Uno de los requisitos previos para la sostenibilidad de los programas de energía nucleoelectrónica es la gestión oportuna y eficaz del combustible gastado y de los desechos radiactivos resultantes de la explotación y de la clausura de las centrales nucleares. Una incertidumbre considerable rodea la forma de estimar los pasivos conexos y garantizar la financiación para poder llevar a cabo estas actividades, por cuanto se trata de procesos que deben gestionarse periódicamente a lo largo de plazos muy amplios. Las cuestiones principales, desde los planes de financiación hasta las evaluaciones técnicas de riesgos en apoyo de la gestión de los desechos y de la clausura de instalaciones nucleares, se debatieron en una reciente reunión técnica del OIEA.

Treinta y cuatro expertos, en representación de 21 países explotadores o en fase de incorporación a la esfera nuclear, se dieron cita en la primera Reunión Técnica del OIEA sobre Financiación para la Gestión de Desechos y la Clausura, que tuvo lugar en Viena del 9 al 12 de julio de 2018.

Los participantes intercambiaron enfoques sobre maneras de abordar cuestiones relativas a los costos y a la financiación en lo que atañe a la gestión de los desechos y a la clausura y presentaron ejemplos y estudios de casos específicos de sus países.

“Para garantizar que gobiernos, órganos reguladores y propietarios/explotadores elaboren políticas y planes de financiación adecuados y fiables, el OIEA recomienda que se preparen unos planes sólidos en una fase temprana, de modo que los fondos estén disponibles cuando llegue el momento de la clausura o de gestionar los desechos”, declaró Dohee Hahn, Director de la División de Energía Nucleoelectrónica del OIEA, en su discurso ante los participantes.

La presidenta de la reunión, Chantal Spinoy, de Electrabel (Bélgica), señaló la importancia de que las partes interesadas participen en todo el proceso: “Implicar a las partes

interesadas pertinentes que tienen responsabilidades compartidas es crucial al adoptar decisiones a largo plazo relativas a los pasivos financieros: es la única manera de garantizar la disponibilidad de fondos suficientes para sufragar los costos futuros de la clausura y la disposición final de los desechos radiactivos”, declaró. “Esto constituye un desafío debido a la notable incertidumbre sobre los costos en los próximos decenios”.

Los debates de la reunión se centraron en tres esferas principales: 1) los principios básicos de los planes de financiación y la determinación de fuentes de riesgos y de enfoques para la mitigación de riesgos; 2) la estimación de los costos de la gestión del combustible gastado y de los desechos radiactivos, así como de la clausura de las instalaciones nucleares, y 3) medidas para abordar los riesgos y las incertidumbres en la gestión del combustible gastado y de los desechos radiactivos.

La estimación de los costos vinculados a proyectos y actividades relacionados con la clausura de una central nuclear y la disposición final del combustible gastado, así como la identificación de los inductores de costos pertinentes y maneras de sufragarlos, fueron algunos de los temas principales que se abordaron durante la reunión. Representantes de países con centrales nucleares en funcionamiento y con experiencia directa en el desarrollo y la puesta en práctica de políticas para financiar la gestión de los desechos y la clausura presentaron sus puntos de vista, los desafíos que tienen ante sí y las enseñanzas extraídas por medio de estudios de casos.

En cuanto a los planes de financiación, la reunión brindó a los países con experiencia en la materia la oportunidad de intercambiar mejores prácticas sobre mitigación de riesgos al elaborar planes de financiación para ese tipo de proyectos a largo plazo.

“La reunión ha puesto claramente de relieve la importancia de basar los planes de financiación en el principio de ‘quien

contamina, paga” dice Richard Ström, de la Autoridad Sueca de Seguridad Radiológica. “En ese sentido, Suecia hace hincapié en estrategias de mitigación de riesgos tales como establecer un fondo aparte para cubrir costos previstos, recalcular permanentemente los gastos en que se incurra y ofrecer garantías de pago para gastos aún no abonados, así como contabilizar posibles sobrecostos imprevistos”.

Además, la reunión sirvió de plataforma para que los países en fase de incorporación al ámbito nuclear extrajeran enseñanzas de la experiencia de países con tradición nuclear en lo que respecta a políticas y estrategias de clausura, algo que debería ser de ayuda a medida que empiezan a desarrollar sus propios enfoques sobre estimaciones de costos, conseguir fondos y adoptar medidas para actividades de clausura futuras.

Dado que Ghana se encuentra actualmente en la fase inicial de su proyecto nucleoelectrónico y está redactando un exhaustivo informe sobre el tema, Festus Brew Quansah, analista financiero de la Comisión de Energía Atómica de Ghana, puso de relieve que asistir a la reunión había sido tan oportuno como importante.

“El intercambio de experiencias nacionales fue muy esclarecedor y ayudará a la organización para la ejecución de programas de energía nuclear de Ghana a contextualizar un programa para financiar la gestión de los desechos y futuras actividades de clausura”, afirma.

“En particular, para nosotros ha sido muy importante obtener información actualizada sobre la necesidad de una dirección política clara, unos planes de financiación apropiados, un marco institucional sólido para implementar el programa y un mecanismo de reglamentación claro que garantice fondos en cantidad suficiente para el programa”, añade. “Regresaré a Ghana con nuevas ideas que compartiré con mi equipo y mi Gobierno”.

— Jennet Orayeva



SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE el Estudio de la Doble Carga de la Malnutrición en aras de Intervenciones Eficaces

10 a 13 de diciembre de 2018
Viena (Austria)

#dbmal



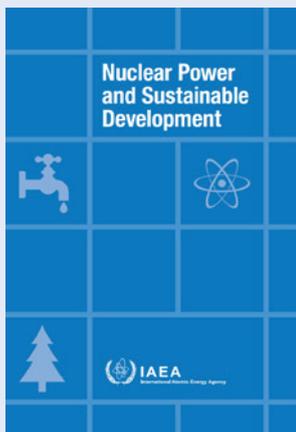
UNITED NATIONS DECADE OF
ACTION ON NUTRITION
2016-2025

Organizado por el



En cooperación con



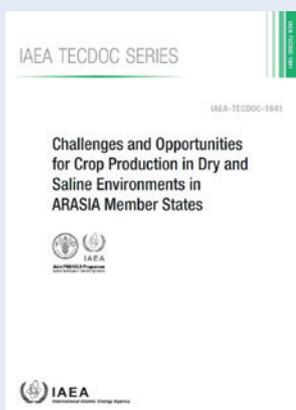


Nuclear Power and Sustainable Development

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

Publicaciones monográficas; ISBN: 978-92-0-107016-6; edición en inglés; 45,00 euros; 2016

<https://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/11084/Nuclear-Power-and-Sustainable-Development>

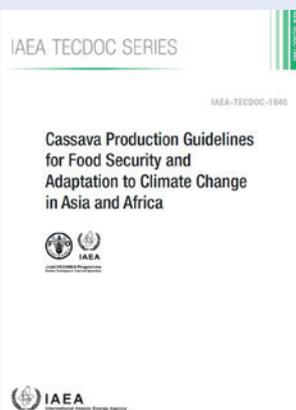


Challenges and Opportunities for Crop Production in Dry and Saline Environments in ARASIA Member States

Esta publicación constituye una guía de referencia para la agricultura en medios secos y salinos, en particular los del Oriente Medio. Toda la información y recomendaciones contenidas en esta guía se basan en prácticas sólidas y exitosas aplicadas al cultivo sostenible de suelos afectados por la salinidad. Ayudará a científicos y agricultores a elegir las alternativas de gestión más idóneas para ese tipo de entornos en sus propios países. La publicación se centra también en la posible utilización de técnicas isotópicas para abordar las condiciones de salinidad y sequía que afecta a la producción de cultivos.

IAEA-TECDOC-1841; ISBN: 978-92-0-101918-9; edición en inglés; 18,00 euros; 2018

<https://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/12305/Crop-Production>



Cassava Production Guidelines for Food Security and Adaptation to Climate Change in Asia and Africa

El objetivo de esta publicación es ayudar a los Estados Miembros a mejorar su producción de mandioca. En ella se da información sobre las mejores prácticas de gestión agrícola y la función de las técnicas nucleares e isotópicas para comprender mejor la absorción de nitrógeno. Estas orientaciones presentan un plan de gestión para el cultivo de mandioca integrado y basado en las necesidades de este cultivo, que abarca cuestiones como los nutrientes, la maleza, las plagas de insectos y las enfermedades. Mediante la utilización de estos métodos de gestión de cultivos mejorados, los agricultores pueden optimizar el rendimiento de sus cultivos de mandioca y reducir al mínimo los costos de producción. Al mismo tiempo, estos métodos contribuyen a reducir la degradación de la tierra causada por la erosión del suelo, especialmente en terrenos con pendiente, protegiendo así el medio ambiente local. El objetivo final es aumentar la calidad y el valor de mercado de los productos de mandioca.

IAEA-TECDOC-1840; ISBN: 978-92-0-101718-5; edición en inglés; 18,00 euros; 2018

<https://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/12311/Cassava-Production>

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

Conferencia Ministerial

Ciencia y Tecnología Nucleares: Abordar los Obstáculos Actuales y Nuevos en materia de Desarrollo

28 a 30 de noviembre de 2018
Viena (Austria)



IAEA

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

[#Atoms4Life](#)



CN-262