

Apps nucleares

Divulgación de la ciencia y tecnología nucleares para jóvenes

Invierno 2015 - 2016

Nº 3

La gota de agua que da la nube

A mover los neutrones

Enchufes neuronales

Semillas biónicas



Salud



Agricultura



Industria



Protección Radiológica



instituto nacional de
investigaciones nucleares

contenido



EDITORIAL

1 Lydia Paredes Gutiérrez

AMBIENTE

2 **La gota de agua que da la nube**
Elizabeth Teresita Romero Guzmán

5 **Metamorfosis provocada**
Jaime Jiménez Becerril

AGRICULTURA.....

7 **Semillas biónicas**
Thelma Falcón Bárcenas

10 **Sacar lo mejor de cada uno**
Juan Manuel García Andrade

INDUSTRIA.....

13 **El combustible del futuro**
Raúl Pérez Hernández

16 **A mover los neutrones**
María del Carmen López Reyes

SALUD.....

19 **Enchufes neuronales**
María Guadalupe Olayo González

21 **Detectives de males**
Erika Patricia Azorín Vega

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

23 **Guardianes de desechos**
Norma Zárate Montoya

26 **Mídete con la radiación**
María de las Mercedes Alfaro

DIRECTORIO

Dra. Lydia Paredes Gutiérrez
Directora General

Dr. Federico Puente Espel
Director de Investigación Científica

Dr. Pedro Ávila Pérez
Director de Investigación Tecnológica

Ing. José Walter Rangel Urrea
Director de Servicios Tecnológicos

M.A. Hernán Rico Núñez
Director de Administración

Mtra. Ma. de los Ángeles Medina
Titular del Órgano Interno de Control

Dr. Julián Sánchez Gutiérrez
Secretario Técnico

Concepción creativa y coordinación editorial
Lic. Elizabeth López Barragán
Coordinadora de Promoción y Divulgación Científica

Asistencia de redacción
Víctor Octavio Hernández Ávila

Fotografía
Pável Azpeitia de la Torre
Armando Iturbe German
123RF

Diseño e ilustraciones
Angélica Balderrama

Formación e impresión
Comersia, S.A. de C.V.



La ciencia está en todas partes. Sus beneficios nos acompañan en todo momento. Nos hacen la vida más llevadera —como dicen las abuelas y los abuelos—. Los contenidos de esta edición de *Apps Nucleares* te ayudarán a constatarlo.

Ante contratiempos como la inmovilidad de alguna parte del cuerpo que ocasionan las lesiones al sistema nervioso central, por ejemplo, se exploran posibilidades de recuperar la salud a través de aplicaciones y técnicas científicas, como los biopolímeros, que permitan rehabilitar las funciones sensoriales y motoras del organismo.

Existen, también, alrededor de 117 radiofármacos aprobados para la detección de diversas enfermedades que se utilizan en las prácticas de medicina nuclear de más de una centena de instituciones de salud en México. Y las labores de investigación y desarrollo de estos nuevos detectives de padecimientos, por supuesto, continúan.

Aunque nuestro planeta cuenta con maravillosos y diversos recursos naturales, tenemos la responsabilidad de cuidarlo y el compromiso de aprovecharlo de manera sustentable. Así, a través de la ciencia se explora la posibilidad de utilizar al hidrógeno como una alternativa cercana y posible de producción de energía en lugar de los combustibles fósiles.

Por otra parte, para asegurar una alimentación saludable de la población, la ciencia ha permitido potenciar las características y cualidades nutrimentales de muchos alimentos, al desarrollar investigaciones relacionadas con la agricultura y la alimentación.

En fin, como puedes apreciar, los avances científicos y tecnológicos han sido y siguen siendo fundamentales para nuestro bienestar. Por ello, es importante seguir investigando y desarrollando ciencia y tecnología, sin perder la capacidad de pensar diferente para seguir innovando.

Lydia Paredes Gutiérrez

Estudió Ingeniería en Energía en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), la Maestría en Ciencias en Ingeniería Nuclear en el Instituto Politécnico Nacional (IPN), y la Maestría y Doctorado en Ciencias en Física Médica por la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Ha sido reconocida recientemente como egresada distinguida de la UAM, así como por la Fraternidad Institutense de la UAEM. Fue reconocida con el artículo científico del año 2010 por la Sección Latinoamericana de la American Nuclear Society. Obtuvo la presea "Ignacio Manuel Altamirano Basilio" al mejor promedio en estudios de posgrado en 1999 que otorga la UAEM.

Desde enero de 2013 ocupa la Dirección General del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ). Es vicepresidenta del Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y Tecnología Nucleares en América Latina y El Caribe (ARCAL) del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Una de sus series favoritas era *Perdidos en el espacio*. También le hubiera gustado estudiar Neurociencias y Genética.



Apps Nucleares es una publicación de divulgación científica del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) para jóvenes.

No. 3, invierno 2015-2016
Registro en trámite.

@ elizabeth.lopezbarragan@inin.gov.mx

f ININmx

t @inin_mx

globe www.inin.gov.mx



LA GOTA DE AGUA que da la nube



Elizabeth Teresita Romero Guzmán

El agua siempre ha sido tema de interés para la sociedad, ya que juega un papel fundamental en la vida humana. Es un recurso único en el planeta, por lo que debemos cuidarla. Una de las soluciones para hacer frente a su escasez es el aprovechamiento eficiente del agua de lluvia.



Prácticamente todas las civilizaciones se han desarrollado gracias al agua. En los últimos años, el crecimiento poblacional, la industrialización, la urbanización, la intensificación de la agricultura y los cambios en el estilo de vida en el mundo entero, han generado una creciente crisis del agua, a tal grado que está empezando a considerarse como uno de los principales problemas de la humanidad y uno de los mayores desafíos para distintas regiones del mundo.

La problemática más importante de este vital recurso es su abasto irregular e insalubre. Se estima que una quinta parte de la población mundial sufre escasez de agua y que 5 millones de personas mueren cada año por beberla contaminada.

Se cree que para el año 2025 habrá una crisis en la que el 80% de la población mundial no dispondrá de agua potable. El cambio climático, la elevada concentración urbana y la creciente demanda de alimentos imponen condiciones desfavorables adicionales.

Para alcanzar un futuro con seguridad hídrica son indispensables el desarrollo de nuevo conocimiento, la innovación y la formación de recursos humanos especializados en el tema.

En México, por su accidentada orografía y tamaño demográfico, se pueden acrecentar las dificultades de disponibilidad del vital líquido. Ciudades como Guadalajara, Monterrey, Cuernavaca, Tlaxcala, Veracruz, Puebla, Aguascalientes, Toluca, San Luis Potosí y Cancún estarán en una crisis de disponibilidad hídrica. Además, se espera que en el año 2030 se deberán dotar de servicios de agua potable a 37 millones más de personas.

La ubicación de la población de México y de sus principales polos de desarrollo industrial son inversos a la disponibilidad de agua con que cuenta el país. El norte, donde están las ciudades más grandes, posee las mayores concentraciones de actividad industrial y agrícola, pero tiene más escasez de agua que el sur, pues cuenta con menos de la



Uno de los principales problemas de este vital recurso es su abasto irregular e insalubre. Se estima que una quinta parte de la población mundial sufre escasez de agua y que 5 millones de personas mueren cada año por beberla contaminada.

tercera parte de los recursos hídricos del país. Debido a esto, el agua subterránea juega un papel esencial en la economía de México, ya que es la fuente principal de agua para dos terceras partes del país.

El uso de agua de lluvia es una de las medidas más adecuadas para darle un giro a este panorama de disponibilidad heterogénea de agua en nuestro país. Su aplicación en la vivienda urbana, previo análisis y tratamiento, es una nueva forma de consumo hídrico más sostenible, que garantiza un mejor futuro para todos.

Para poder mejorar las condiciones del manejo del agua pluvial recolectada es necesario contar con nuevos métodos analíticos de investigación. El proyecto TN-508-Desarrollo de Nuevos Métodos de Análisis tiene este propósito, entre otros, y se desarrolla en los laboratorios de Espectrometría de Masas y Bioensayo, ambos forman parte del Laboratorio Nacional de Investigaciones en Forense Nuclear (Lanafonu) del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ).

El Lanafonu es fundamental para el análisis de los elementos en el ambiente (no sólo del agua, sino también del suelo o tierra), debido a su capacidad de medición, ya que cuenta con el espectrómetro de masas de alta resolución, equipo que permite cuantificar metales traza.

El agua pluvial o de lluvia concentra en su composición principalmente metales y microorganismos que son separados para su uso doméstico e industrial.





Muestras acuosas procesadas para su lectura mediante espectrometría de masas de alta resolución o sector magnético.

Para alcanzar un futuro con seguridad hídrica será indispensable el desarrollo de nuevo conocimiento, la innovación y la formación de recursos humanos especializados en el tema.

El objetivo del proyecto TN-508 es el desarrollo de nuevos métodos analíticos de investigación en forense nuclear. Tiene tres ejes fundamentales para el avance científico: 1) determinar elementos radiactivos en diferentes tipos de muestras, 2) analizar componentes en el ambiente y 3) estudiar la composición de materiales.

Particularmente en el caso del agua pluvial, el análisis y tratamiento de sus elementos se realiza en cuatro fases: captación, tratamiento, distribución y almacenamiento. Sin embargo, para que se realice el proceso se llevan a cabo las siguientes etapas: el pretratamiento (caída y filtración del agua), tratamiento primario donde se coagula, flocula (proceso químico donde se aglutinan sustancias presentes en el agua), sedimenta y filtra el agua. El proceso termina con el tratamiento secundario donde se desinfecta el agua.

Los procedimientos realizados en el proyecto TN-508 no sólo permiten el uso del agua pluvial en la industria, sino también en el hogar. Además, en el tratamiento realizado se equilibra el pH (coeficiente que indica la acidez de una solución acuosa), una medida efectiva para contrarrestar la lluvia ácida y sus efectos negativos en el ambiente. El agua de lluvia puede entonces tener otros usos antes de mezclarse con el agua del drenaje producido en las viviendas urbanas. El desarrollo de esta técnica puede modificar los usos del agua pluvial además de construir una cultura de cuidado y manejo de la misma.

Elizabeth Teresita Romero Guzmán

Estudió la Licenciatura en Química, la Maestría en Ecología y el Doctorado en Ingeniería con énfasis en Ciencias del Agua en la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Obtuvo el Premio Nacional de Química por la mejor tesis de Licenciatura que otorga la Sociedad Química de México en 2010 y la Presea Nacional Quetzalcóatl edición 2014.

Sus canciones favoritas son: "Corazón de niño" de Raúl di Blasio, "Vivo por ella" (Vivo per lei) de Gatto Panceri, "El delfín azul" de Stephen Schlaks y el "Ave María" de Franz Schubert, que su padre interpretaba magistralmente, dice. Otra profesión a la que le hubiera gustado dedicarse es la de pianista concertista. Jugó basquetbol. Su libro favorito es *Hojas de ruta* de Jorge Bucay. Los personajes que más admira son Benito Juárez y Karol Józef Wojtyła, mejor conocido como el papa Juan Pablo II.

METAMORFOSIS provocada

Jaime Jiménez Becerril



Si la metamorfosis se define como aquel cambio o transformación sorprendente de una cosa en otra, la tecnología nuclear trata los contaminantes y residuos tóxicos—en una auténtica metamorfosis—y los transforma en otros de naturaleza menos tóxica.

Las actividades antropogénicas (efectos producidos en el clima de nuestro planeta por las actividades humanas) han introducido al ambiente una gran cantidad de contaminantes distribuidos en el aire, el agua y el suelo.

En México se genera una gran cantidad de residuos considerados nocivos por su corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad al ambiente, inflamabilidad y potencial biológico infeccioso.

Es importante mencionar que los compuestos tóxicos no pueden ser descargados al alcantarillado y mucho menos a los cuerpos de agua. El tratamiento que normalmente reciben los residuos peligrosos son la incineración o el confinamiento.

El agua debe de ser tratada antes de ser regresada al ambiente. En la naturaleza existen procesos que pueden limpiar pequeñas cantidades de agua de desecho y contaminación, pero esos procesos son insuficientes para tratar los miles de millones de litros de aguas residuales que el hombre origina diariamente.

El proceso de tratamiento de aguas residuales inicia con la eliminación de material sólido como arenas, plásticos y papel. Después se eliminan materiales disueltos como sales metálicas a través de precipitación.

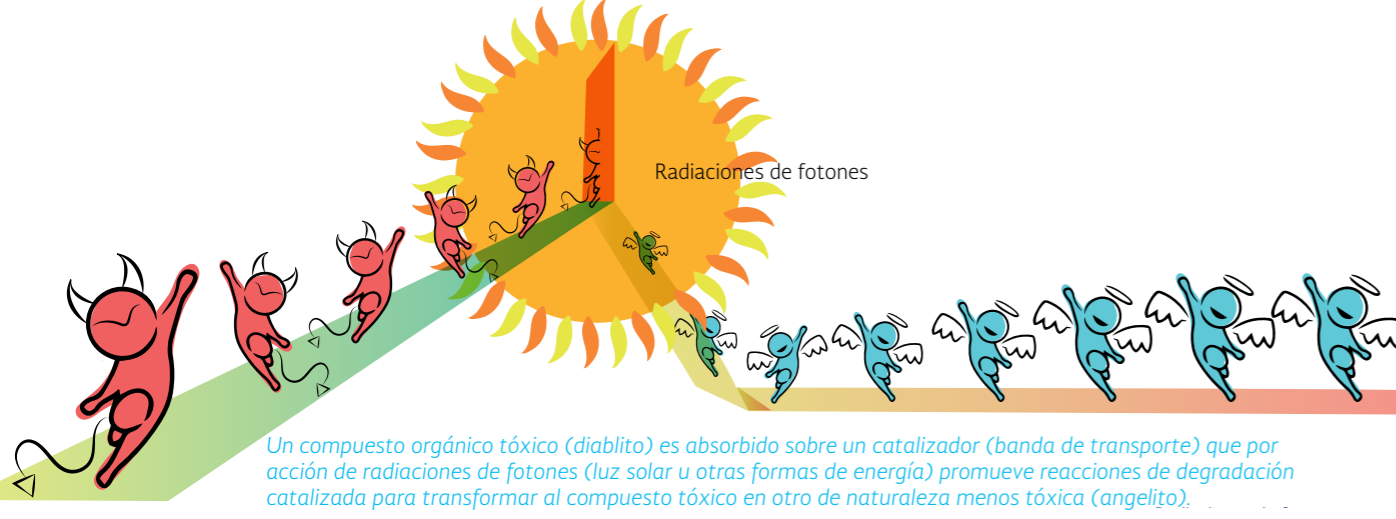
La remoción de materia orgánica constituye uno de los objetivos del tratamiento de las aguas residuales, utilizándose en la mayoría de los casos procesos biológicos. Las instalaciones de tratamiento de aguas reducen la contaminación en

las aguas de desecho a un nivel que la naturaleza puede manejar. Sin embargo, algunos contaminantes no son eliminados por completo.

Estos contaminantes que permanecen son llamados compuestos recalcitrantes y son tóxicos para los microorganismos porque presentan estructuras químicas muy estables y resistentes al ataque biológico, además de poseer elementos estructurales que raramente se encuentran en la naturaleza, entre los que se pueden encontrar algunos compuestos orgánicos como plaguicidas y los provenientes del uso de cloro utilizado en la limpieza, por ejemplo.

Existen algunas tecnologías de oxidación avanzada para eliminar compuestos orgánicos que involucran la generación y uso de radicales libres, estos radicales reaccionan para transformar los compuestos contaminantes en otros menos tóxicos. Principalmente el radical hidroxilo (HO•), que puede ser generado por medios fotoquímicos





SEMILLAS biónicas

(incluida la luz solar) o por otras formas de energía y posee alta efectividad para la oxidación de materia orgánica.

Una manera de formar radicales es a través de reacciones inducidas sobre superficies sólidas, ya sea por fotones de luz (fotocatálisis) o por radiación gamma proveniente de materiales radiactivos como cobalto-60 (radiocatálisis).

Algunas de las ventajas que presentan estas tecnologías es la de transformar químicamente a los contaminantes orgánicos en agua y dióxido de carbono inocuos, es decir, la destrucción de la materia orgánica, y son muy útiles para tratar contaminantes recalcitrantes que resisten otros métodos de tratamiento como el biológico.

En el Laboratorio de Química del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares estamos trabajando en experimentos de radiocatálisis, para ello observamos lo siguiente:

Tipo de radiación utilizada. Las radiaciones son capaces de romper los enlaces químicos de las moléculas.

Dosis aplicada. La cantidad de energía absorbida por unidad de masa (dosis) promueve la producción de radicales libres.

Catalizador. Un catalizador sirve para promover la formación de radicales libres.

Productos de la degradación. Son los compuestos ya transformados (agua y dióxido de carbono).

Se espera encontrar a mediano plazo las metodologías que puedan utilizarse en industrias y plantas de tratamiento.

Una manera de formar radicales es a través de reacciones inducidas sobre superficies sólidas, ya sea por fotones de luz (fotocatálisis) o por radiación gamma proveniente de materiales radiactivos como cobalto-60 (radiocatálisis).



Jaime Jiménez Becerril

Estudió la Licenciatura en Química en la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) y el Doctorado en Química en la Universidad Autónoma de Barcelona, España. Sus peores calificaciones en la preparatoria curiosamente eran en Química. Pero una maestra que proyectaba su pasión por esa materia fue lo que lo llevó a decidir estudiarla a nivel profesional. Entre sus logros personales y profesionales está poder hacer las cosas que le gustan, aprendiendo a disfrutar la vida.

Es aficionado al fútbol, "Diablo" de corazón, pues su equipo son los "diablos rojos" del Toluca. De hecho, siendo niño los vio convertirse en campeones en 1974. El libro *Hojas de Ruta* de Jorge Bucay le hizo ver la vida de manera diferente. Siempre ha admirado a quienes muestran claridad de pensamiento, pero que además sean de acción, es decir, que lleven a cabo sus ideas. Son ejemplares para él aquellos que muestran tesón, trabajo y logro de metas, y que además vayan contra corriente. Un personaje que admira porque tiene esas características (y más) es Marie Curie.



Thelma Falcón Bárcenas

Gracias a la tecnología y ciencia nuclear es posible conservar múltiples especies de semillas y vegetales de alto valor nutritivo y potenciar sus características nutrimentales para asegurar la alimentación saludable de la población.

El Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) desarrolla líneas de investigación relacionadas con la agricultura y la alimentación. Las técnicas corresponden específicamente al mejoramiento mediante mutagénesis radioinducida (cambios genéticos a través de la radiación) de especies que no son tan frecuentemente utilizadas y por tanto están en riesgo de extinguirse.

Algunas de las especies a las que les aplica esta técnica son la chíá negra (*Amaranthus hypochondriacus*) y la chíá roja (*Chenopodium berlandieri* subespecie *nuttalliae*). Ambas constituyen pseudocereales (plantas de hoja ancha caracterizadas por su alto contenido harinoso) de alto valor nutritivo, ya que poseen hasta 17% de proteína, superando al maíz cuyo respectivo porcentaje se ubica alrededor del 11%.


Además de su alto contenido de proteína, entre sus atributos se encuentran la ausencia de gluten, compuesto que afecta a aquellas personas que padecen de la enfermedad celíaca (inflamación crónica del intestino delgado) y que contiene hasta 50% de ácidos grasos omega oleico, linoleico y linoléico, que ayudan a reducir el colesterol y son muy importantes para el metabolismo.

Las investigaciones realizadas en el ININ han conseguido el registro de las variedades de chíá roja (*Opohuira*) y de chíá negra (*Huirapeo*), ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), órgano desconcentrado de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) encargado de normar y vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales en materia de semillas y variedades vegetales.

Algunas de las especies que se usan en esta técnica son la chíá negra y la chíá roja, ambas constituyen pseudocereales de alto valor nutritivo, ya que poseen hasta 17% de proteína, superando al maíz cuyo respectivo porcentaje se ubica alrededor del 11%.





 México ocupa el cuarto lugar a nivel mundial en biodiversidad. Por ello, es un grave error permitir que cultivos tan valiosos como la chía roja y negra desaparezcan.

Tanto la chía roja como la chía negra sufren de una creciente tendencia a la desaparición del cultivo, a tal grado que el único espacio donde aún se siembran son algunas comunidades de la meseta purépecha, como Opopeo, municipio perteneciente a Michoacán. Se visualiza un escenario oscuro por delante, ya que el número de productores es inferior a una decena por lo que existe una marcada tendencia hacia su extinción.

México ocupa el cuarto lugar a nivel mundial en biodiversidad. Por ello, es un grave error permitir que cultivos tan valiosos como la chía roja y negra desaparezcan, requiriéndose una estrategia integral que busque preservar el valioso germoplasma (conjunto de genes que se transmiten por la reproducción a la descendencia mediante células reproductoras) y promover alternativas para su aprovechamiento. Actualmente con la chía roja y la chía negra sólo se elaboran una especie de tamales conocidos localmente como “chapatas”, los cuales tienen una limitada demanda regional.


El ININ no escatima esfuerzos para revertir esta tendencia, distribuyendo semillas entre los productores, pero principalmente por su labor en investigación. En el Departamento de Biología, perteneciente al Instituto, se han realizado estudios relacionados con la composición de los pseudocereales mencionados, para encontrar compuestos nutraceuticos (aquellos que además de su valor nutricional proporcionan beneficios a la salud), que permitan ampliar el mercado de las chías.

La chía roja, además de su alto valor nutritivo, posee un porcentaje alto de pigmentos conocidos como antocianinas que pueden adicionarse a los alimentos como colorante natural y principalmente porque sus propiedades antioxidantes contribuyen de manera significativa a reducir la formación de radicales libres en el organismo y mejorar el estado de salud general.

Se ha documentado que la chía roja, a diferencia de otros pseudocereales, como la quinua sudamericana o el huauzontle mexicano carece de saponinas (compuestos que confieren protección y un sabor amargo a las semillas). Cuando una semilla contiene saponinas antes de consumirse deben lavarse y este proceso causa la pérdida de algunos compuestos nutritivos como vitaminas y minerales que se encuentran en su exterior. Además también posee

almidón de excelentes cualidades. Este es un polisacárido (unión de monosacáridos que son los carbohidratos más abundantes) muy importante por la textura de los alimentos. Se compone de dos grandes moléculas: amilosa y amilopectina. En general, el tamaño del gránulo de almidón varía de uno a 100 micras. En el caso del almidón de chía roja su tamaño oscila entre 0.5 y 0.8 micras, lo que brinda cualidades excepcionales para su aplicación como biomaterial microencapsulante para la industria alimentaria, farmacéutica y de elaboración de biopelículas (biopolímeros formados a partir del almidón).

Por su parte, la chía negra contiene tres colorantes: la amarantina (tonalidad amarilla), la indicaxantina y la betaxantina (tonalidades naranja-amarilla). Estos pigmentos naturales pueden ser excelentes compuestos para sustituir algunos colorantes usados en la industria alimentaria. De esta manera, la ciencia y tecnología nucleares se encargan de generar alternativas de mejoramiento genético y aprovechamiento de los recursos nativos de México, contribuyendo a la seguridad alimentaria, el rescate del germoplasma y la práctica de una agricultura sustentable.

 La chía negra contiene tres colorantes: la amarantina (tonalidad amarilla), la indicaxantina y la betaxantina (tonalidades naranja-amarilla). Estos pigmentos naturales pueden ser excelentes compuestos para sustituir algunos colorantes usados en la industria alimentaria.

Thelma Falcón Bárcenas

Estudió la Licenciatura en Biología en la Universidad Autónoma Metropolitana, plantel Iztapalapa (UAM-I) y la Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Experimental) en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Sus caricaturas favoritas eran *La pantera rosa*, *El hombre araña* y series japonesas. Practicó natación, nado sincronizado y gimnasia, bailó en las discotecas y asistió a los primeros conciertos masivos realizados en México. Ahora le gusta vacacionar en la playa y realizar actividades acuáticas como esnorquelear. Entre sus libros favoritos están *El origen de las especies* de Charles Darwin, que la motivó a estudiar a los seres vivos, *La búsqueda* de Alfonso Lara Castilla y *La caverna* de José Saramago. Admira las obras de los artistas plásticos Michelangelo Buonarroti, Salvador Dalí y Remedios Varo, así como la música de Rod Stewart, Pink Floyd, Queen, Rolling Stones, Enrique Bunbury y Pavarotti.



SACAR lo mejor de cada uno



Juan Manuel García Andrade

Una de las medidas para lograr el progreso del cultivo de la tierra y la producción de vegetales es el mejoramiento genético de las plantas, cuya finalidad es obtener variedades con características de mayor calidad productiva y nutritiva, además de contar con un rendimiento superior y resistencia a factores que las ponen en riesgo.

El desarrollo de la ciencia ha permitido lograr el fortalecimiento de las características y cualidades de muchos alimentos. Por ejemplo, en el Departamento de Biología del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) se realiza el mejoramiento genético de pseudocereales de tipo chenopodeaceas como la quinua y el huauzontle, mediante el uso de radiación gamma para generar cambios favorables en los cultivos.

El huauzontle (*Chenopodium berlandieri*, subespecie *nuttalliae*) fue muy importante en el desarrollo de culturas prehispánicas, domesticada en Mesoamérica para consumirse como verdura y la quinua (*Chenopodium quinoa*), cuya parte comestible es la semilla y sirvió de sustento a las culturas andinas.

El mejoramiento de sus características es un factor primordial en la búsqueda de alternativas nutritivas y sustentables, cuyo propósito es beneficiar el estatus alimentario de grandes sectores de la población que habitan en áreas con suelos pobres y delgados, afectados por heladas, salinidad y sequía. Asimismo, sus características de adaptabilidad y rusticidad permiten su cultivo en zonas marginales con mínimo uso de agroquímicos (sustancias orgánicas enfocadas en la industria y las actividades agrícolas).

Ambas especies de pseudocereales son estudiadas en el Laboratorio de Biología del ININ. Esto ha permitido generar líneas de quinua con bajo contenido de saponinas (compuestos que confieren un sabor amargo a las semillas). Por otra parte, se ha colectado germoplasma (conjunto de genes que se transmiten por la reproducción a la descendencia mediante células reproductoras) de



Los pseudocereales son plantas de hoja ancha caracterizadas por su alto contenido de proteínas, fibra, omegas y minerales. Ejemplo de ellos son la chíá, la quinua, el huauzontle y el amaranto, por mencionar algunos.



La técnica del cruzamiento dirigido o hibridación interespecífica es la cruce de plantas de dos especies diferentes, pero del mismo género con características complementarias, que tiene como propósito seleccionar en las poblaciones siguientes individuos que combinen los mejores atributos de cada uno de los progenitores.

huauzontle sin saponinas, pero que requieren mejoramiento respecto a sus características como alta productividad y calidad del grano, atributos que ya posee la quinua.

Una de las estrategias para el avance del mejoramiento de estos pseudocereales es la técnica del cruzamiento dirigido o hibridación interespecífica, que es la cruce de plantas de dos especies diferentes, pero del mismo género con características complementarias. Esta técnica tiene como propósito seleccionar en las poblaciones siguientes individuos que combinen los mejores atributos de cada uno de los progenitores.

El procedimiento consiste en varios pasos, comienza con la selección de los progenitores con características deseables, se prepara la planta madre al quitar la mayor parte de la inflorescencia (conjunto de flores que nacen agrupadas de un mismo tallo), continua con la emasculación (proceso de quitar de la flor los órganos masculinos sin causar daño al gineceo o embrión), sigue con

la recolección de polen que se realiza en la planta padre elegida, después se poliniza la planta madre, se produce el aislamiento que consiste en tapar con un sobre de papel tipo glassine resistente al agua y a la manipulación, anotando todos los datos (tipo de cruce, nombre de los progenitores o padres, características en clave y fecha de inicio de la polinización).

Por último, una vez hechas las hibridaciones se revisan constantemente las panojas (conjunto de espigas, simples o compuestas) desde el término del periodo de floración para verificar la producción de semilla en las plantas hibridadas. Las plantas que presentaron semillas se cosechan e identifican sembrándose para seleccionar y derivar las generaciones filiales subsecuentes.

Las características de estas dos especies las hacen únicas, principalmente para la reducción de la desnutrición y la preservación del medio ambiente. Su alto valor nutritivo las hace comparables con la leche, ya que contiene todos los aminoá-





Sr. Huazontle + Sra. Quinoa

Quinoa-Huazontle mejorada



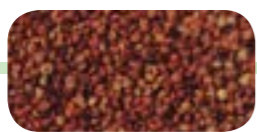
Quinoa-Huazontle mejorada

cidos (compuestos orgánicos que se combinan para formar proteínas) necesarios para satisfacer las necesidades del organismo humano, de acuerdo con los estándares de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

El Laboratorio de Biología del Instituto procura reducir el hambre y la desnutrición crónica, mediante el mejoramiento genético de plantas y las técnicas de mutagénesis (modificación en el ADN) e irradiación, proporcionando a los pequeños productores de las zonas marginadas, cultivos altamente nutritivos con un contenido de proteínas de alta calidad biológica, ya que contienen un buen balance de aminoácidos esenciales para el ser humano, de gran adaptabilidad y productividad pero sobre todo tolerantes a condiciones adversas.



Huazontle



Quinoa



Juan Manuel García Andrade

Estudió Ingeniería Agrónoma en la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco (UAM-X), la Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales en la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) y actualmente cursa en esa misma institución de educación superior el quinto semestre del Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Su gusto por la agronomía le viene de familia y por eso desde niño quiso ser agrónomo. También le hubiera gustado estudiar Veterinaria, porque le gustan mucho los animales y es un apasionado de los caballos. Su caricatura favorita era *Mighty Mightor*, un superhéroe cavernícola que tenía de compañero un dragón, y que era producida por los estudios de Hanna-Barbera en los años 60. En la preparatoria comenzó a jugar basquetbol y aquí en el centro nuclear participó en varios torneos, pero se lastimó las rodillas y entonces se inició en la pesca, caminata y trote. Ha participado varias veces en el Maratón del Pacífico de 10 km en Mazatlán, Sinaloa, y siempre en compañía de su padre y hermanos hace campismo y senderismo de montaña. Su libro favorito es *Las enseñanzas de don Juan* de Carlos Castaneda. Le gusta la música de Los Beatles y de casi todos los pioneros del rock and roll. Admira a Norman E. Borlaug, ingeniero agrónomo, genetista, Premio Nobel considerado el padre de la agricultura moderna y de la revolución verde.

EL COMBUSTIBLE del futuro



Raúl Pérez Hernández

En la actualidad, la molécula de hidrógeno (H_2) es una alternativa más efectiva y amigable con la naturaleza para satisfacer las necesidades energéticas de la sociedad.

El hidrógeno (H) es la forma más simple de un átomo. Abunda en el universo y en la corteza terrestre, ya que constituye el 83.9% de la materia visible. En el año de 1776 Henry Cavendish, científico británico especializado en física y química, descubrió el hidrógeno al que nombro así por el prefijo griego *hydro* (agua) y el sufijo *gen* (generador), pues al combinarse con oxígeno (O_2) forma agua (H_2O).

El hidrógeno, que cuenta sólo con un protón en su núcleo y un electrón a su alrededor, ha sido muy importante en el desarrollo de los fundamentos de la química, en el análisis de la estructura atómica y molecular. Al H_2 se le considera como el combustible del futuro, al grado de que se ha popularizado el término "economía del hidrógeno". Es el punto clave de una de las estrategias a seguir para la solución de los problemas ocasionados por la dependencia al petróleo. Sin duda, proveerá a la humanidad un recurso energético eficaz y mucho más limpio, que asegure su desarrollo continuo y futuro.

En el escenario actual, la producción de petróleo es tan abundante y barata que ha cumplido en los últimos 150 años un papel casi mágico como impulsor de la economía mundial. También es conocido con el nombre de "crudo", ya que no es un producto de uso inmediato sino que debe ser transformado. Se forma por materia orgánica de naturaleza fósil compuesta principalmente por hidrocarburos, es resultado de la transformación de la materia de origen vegetal durante largos periodos de tiempo.

El consumo indiscriminado del petróleo ha tenido como consecuencia que las reservas mundiales de combustibles fósiles estén acabándose, ya que es un recurso no renovable y cada barril usado no se recupera. Algunos de los efectos negativos que causa son muy conocidos: tensiones políticas, aumento del consumo por parte de las industrias, daño a la atmósfera e incluso efectos en el clima por la emisión de gases de efecto invernadero.

En la actualidad, la producción energética con base en la molécula de hidrógeno es vista como una alternativa cercana y posible. Es una de las

En la actualidad, la producción energética con base en la molécula de hidrógeno es vista como una alternativa cercana y posible.





medidas mencionadas en la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027 de México, a cargo de la Sener (Secretaría de Energía) para poder disminuir las emisiones contaminantes en los próximos años.

La idea de generar hidrógeno *in situ*, es decir, que se produce y se consume en el automóvil al instante, es una respuesta idónea al problema de disponer de su forma líquida o gas, debido a que en el presente no existe tecnología disponible para su manejo y almacenamiento en forma pura. Por ello, nace la necesidad de utilizar compuestos líquidos que contengan hidrógeno en su composición como el agua (H₂O), metanol (CH₃OH) o etanol (CH₃CH₂OH), ya que mediante la reacción de reformado, el hidrógeno puede ser obtenido.



En el Laboratorio de Nanocatálisis del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) desarrollamos nuevos nanocatalizadores que son utilizados en reacciones de reformado de alcohol para la generación de H₂.

El hidrógeno producido puede ser utilizado en las celdas de combustible (FC-Fuel Cell) para generar energía. Estas son baterías eléctricas eficientes que funcionan con hidrógeno y como residuo sólo entrega agua y algo de calor. Tienen un rendimiento en el funcionamiento de hasta tres veces superior al de los motores de combustión interna, debido a que la energía química se transforma directamente



El hidrógeno, que cuenta sólo con un protón en su núcleo y un electrón a su alrededor, ha sido muy importante en el desarrollo de los fundamentos de la química, en el análisis de la estructura atómica y molecular.

en energía eléctrica. Dentro de los mercados potenciales pueden ser utilizados en la sustitución de baterías recargables de videocámaras, telefonía inalámbrica y aplicaciones residenciales.

El Laboratorio de Nanocatálisis del ININ cuenta con un grupo multidisciplinario de científicos y profesionistas, generadores de ideas, con la finalidad de optimizar los nanocatalizadores para aplicarlos en la generación de hidrógeno y así beneficiar a la sociedad y propiciar el cuidado del medio ambiente.

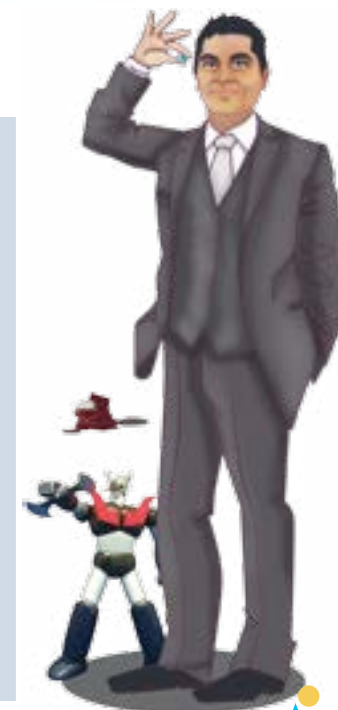


Al hidrógeno se le considera como el combustible del futuro, al grado de que se ha popularizado el término "economía del hidrógeno".

Raúl Pérez Hernández

Es licenciado en Ingeniería Química por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), maestro en Ciencia de Materiales por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), doctor en Ciencia de Materiales en la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) y cuenta con un posdoctorado en la Universidad de Texas, Campus San Antonio (UTSA). Uno de sus logros más importantes es haber creado el Laboratorio de Nanocatálisis en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ).

Durante la preparatoria jugaba fútbol de salón y ahora practica la natación. Sus caricaturas favoritas eran He-man, Mazinger Z y los Caballeros del Zodiaco. Su libro favorito es el *Popol Vuh: A Sacred Book of the Maya* de Luis Garay. La película que más le gustó en su juventud fue *Una mente brillante* de Ron Howard y Akira Goldsman, estelarizada por Russell Crowe, y ahora sus cintas favoritas son las trilogías de *Divergente*, *Correr o morir* y *Los juegos del hambre*. Le gusta la música de John Lennon, sus canciones preferidas son "Imagine" y "Yesterday", y su científico favorito es Albert Einstein.





A MOVER los neutrones



María del Carmen López Reyes

Los usos y aplicaciones de la energía nuclear, como la técnica de análisis por activación neutrónica, son fundamentales para el progreso científico, ya que han logrado potenciar benéficamente el desarrollo y estudio de la medicina, la geología, la antropología y muchas otras ciencias.

La tecnología nuclear ha consolidado y fortalecido los métodos y procesos de investigación para múltiples ciencias. Una de las técnicas que hace posible esto es el Análisis por Activación Neutrónica, cuyo propósito es estudiar la composición elemental de muestras sólidas y líquidas a nivel cualitativo o cuantitativo. Esta técnica, que tiene fines multidisciplinarios, es usada para determinar los elementos y contaminantes en el suelo, agua y alimentos.

El Análisis por Activación Neutrónica difiere considerablemente de otras técnicas de tipo espectrométrico (métodos instrumentales empleados en química analítica) debido a la naturaleza de sus componentes. Se basa en dos procesos físicos: la activación con neutrones y el decaimiento radiactivo.

Las características principales del Análisis por Activación Neutrónica son que no es destructiva, es muy sensible, multielemental y rápida. En el procedimiento que se realiza la energía de la radiación gamma es la forma que permite identificar al elemento radiactivo y así efectuar diferentes análisis en los materiales estudiados. Con la información disponible, el proceso desarrollado se lleva a cabo con una mínima complejidad analítica y una máxima precisión.

Para efectuar el procedimiento u obtención de la especie activable, se inicia preparando las muestras (pequeñas y homogéneas) y los patrones, después se colocan en alguna de las instalaciones de irradiación del reactor por un tiempo



Esta técnica, que tiene fines multidisciplinarios, es usada para determinar los elementos y contaminantes en el suelo, agua y alimentos.



El Análisis por Aplicación Neutrónica tiene múltiples aplicaciones en diversos ámbitos. Su sensibilidad permite medir elementos presentes a nivel de trazas.

específico y se bombardean con los neutrones térmicos del mismo. Posteriormente, se mide la radiación gamma para determinar la actividad inducida y se obtiene un histograma que relaciona el número de gammas detectadas con su respectiva energía. Para finalizar se realiza el análisis que define la composición elemental de tipo cualitativo o cuantitativo.

El Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) cuenta con el reactor TRIGA Mark III, fundamental para llevar a cabo el Análisis por Activación Neutrónica. También dispone de los equipos idóneos para la medición de la radiación gamma obtenida en las muestras, programas de cómputo que analizan la radiación de acuerdo con su energía, rapidez y producción, para determinar la composición elemental de las muestras. Además de contar, por supuesto, con personal de vasta experiencia para el estudio de los análisis realizados.

Los sistemas de irradiación con los que está equipado el reactor son el Sistema Neumático de Irradiación de Cápsulas (SINCA), que es utilizado en irradiaciones cortas, desde un segundo hasta 15 minutos. También cuenta con el Dedal Central (DC) que es el sistema que tiene mayor flujo de neutrones, utilizado cuando se requiere aumentar la sensibilidad de los núclidos de la muestra. Y, por último, el Sistema Rotatorio en el que se pueden irradiar varios contenedores de forma simultánea.

El Análisis por Activación Neutrónica tiene múltiples aplicaciones en diversos ámbitos. Su sensibilidad permite medir elementos presentes a nivel de trazas. En la medicina se estudian muestras de cabello, uñas, sangre y tejido, para identificar deficiencias nutricionales y prevenir enfermedades, mediante la presencia de elementos traza (nutrientes esenciales necesarios en mínimas cantidades, para el crecimiento, desarrollo y función óptima de un organismo).

En las ciencias ambientales hace posible la determinación de concentraciones bajas de elementos, como cromo, antimonio, cadmio, mercurio y cobalto. Es sumamente útil para el estudio de materiales que son empleados como biomonitores de contaminación. Por ejemplo: plancton, ostiones, líquenes, peces y hongos.





ENCHUFES neuronales



Esta técnica analítica nuclear incluso es utilizada en criminalística, ya que no es destructiva y eso la hace esencial para el estudio de muestras que son en muchas ocasiones únicas.



En la arqueología, la técnica ha sido empleada desde 1960 en México para la caracterización y estudio de muestras de cerámica y metal.

También es efectiva en la geología, ya que se ha podido determinar hasta 35 elementos en forma cuantitativa. Este tipo de materiales son difíciles de analizar por otras técnicas por su compleja composición. Además, los materiales fósiles al estar compuestos en su mayoría por carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O) y nitrógeno (N) son ideales para su estudio.

Esta técnica analítica nuclear incluso es utilizada en criminalística, ya que no es una técnica destructiva y eso la hace esencial para el estudio de muestras que son en muchas ocasiones únicas. Por ejemplo, se han analizado muestras de tela para determinar la presencia de pólvora a partir de los elementos que la componen.

Sin duda alguna, esta técnica contribuye al análisis y al fortalecimiento de la ciencia, y el Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica del Instituto es fundamental para la investigación y el estudio de acontecimientos que suceden diariamente.



María del Carmen López Reyes

Estudió la carrera de Químico Farmacéutico Biólogo en la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), donde también se graduó de la Maestría en Ciencias Nucleares.

También le hubiera gustado estudiar Medicina. Practicó aeróbicos y ahora disfruta mucho de la natación. *Los Supersónicos* eran su caricatura favorita. Uno de los libros que le han dejado una gran enseñanza de vida es *La importancia de vivir* de Lin Yutang. Y uno de los científicos que más admira es el doctor Ernest Rutherford.



María. Guadalupe Olayo González

Las lesiones de médula espinal están asociadas con severas consecuencias para la salud que llevan a la discapacidad y a prolongados tratamientos de rehabilitación. Existe una aplicación nuclear que explora la posibilidad de recuperar neuronas dañadas del sistema nervioso central y con ello funciones sensoriales, motoras y cognitivas.

Los biomateriales tienen como fin sustituir una parte y función del cuerpo humano en forma segura. Pueden ser de origen natural o sintético, y para no ser rechazados por el organismo deben ser afines a las células y fluidos con los que estarán en contacto.

De acuerdo con su composición química, los biomateriales se pueden clasificar en metales, cerámicos y polímeros, pero también en combinaciones de ellos para obtener materiales compuestos con aplicaciones específicas.

Los polímeros, por ejemplo, se usan comúnmente en implantes blandos como el remplazo de piel, tendones, ligamentos y músculos, mientras que los otros materiales se usan para implantes donde se requiere mayor rigidez para soportar esfuerzos.

Los biomateriales se diseñan tomando en cuenta su uso específico, degradación en función del tiempo y que los residuos, si los hay, se puedan integrar a los seres vivos o desechar por las vías naturales.

Los organismos vivos sintetizan polímeros, como proteínas y polisacáridos, por lo que muchos polímeros con estos componentes se han estudiado como biomateriales.

Existen diferentes técnicas de polimerización. Las tradicionales son en fase líquida tipo solución, emulsión o suspensión. Pero otro tipo, aunque no tan común, es la polimerización por plasma, en fase de gas, en la que los polímeros se forman básicamente mediante descargas eléctricas. En estos casos no se usan agentes químicos, que sí se necesitan como iniciadores o catalizadores en las polimerizaciones tradicionales en fase líquida.

En el Laboratorio de Procesamiento por Plasma de Materiales (LPPM) del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) investigadores y estudiantes diseñan y sintetizan polímeros por plasma para aplicaciones biológicas.

Fundamentalmente se trabaja en implantes para recuperar la comunicación en el sistema nervioso central, ya que después de una lesión severa se pierde la comunicación con el cerebro, lo que produce parálisis irreversible sin que exista, hasta el momento, un tratamiento que revierta esas consecuencias.

Esto es porque las neuronas del sistema nervioso central prácticamente no se reproducen y cuando se lesionan disparan procesos de reparación que destruyen las neuronas sanas circundantes en una especie de proceso de "cortar por lo sano" que casi siempre termina magnificando el daño inicial.

Se han diseñado muy pocos materiales que ayuden a ese proceso de reparación con menor magnificación del daño inicial y mayor reconexión neuronal. Esos son los biopolímeros que se diseñan y sintetizan en el LPPM, copolimerizando, dopando, com-



Películas de biopolímeros que se obtienen de la síntesis por plasma.



DETECTIVES de males



Erika Patricia Azorín Vega

El desarrollo de la medicina nuclear ha sido fundamental en el diagnóstico y combate de múltiples enfermedades. Existen alrededor de 117 radiofármacos para diagnóstico aprobados para su uso en humanos que se aplican en la práctica de la medicina nuclear en más de 100 instituciones de salud en nuestro país.

La medicina nuclear es una especialidad enfocada en el diagnóstico de pacientes y el tratamiento de múltiples enfermedades mediante el uso de radioisótopos, elementos que emiten radiación y que son utilizados en la medicina, investigación e industria.

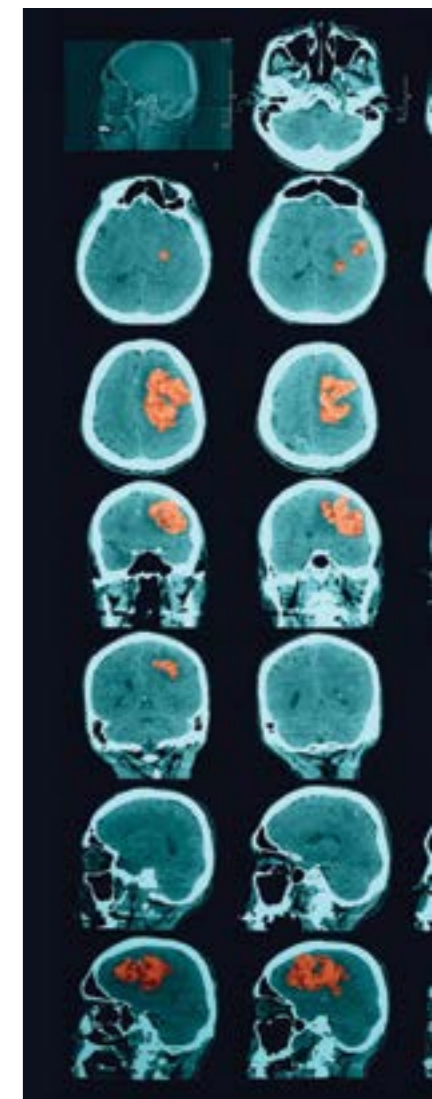
Una de las aplicaciones primordiales de los radioisótopos es la producción de radiofármacos, que son aquellas sustancias que contienen un átomo radiactivo en su estructura y que por su forma farmacéutica, cantidad y calidad de radiación emitida son usadas en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades en los seres vivos. Pueden administrarse por vía oral, intravenosa o en alguna cavidad del cuerpo.

El radioisótopo más usado para la producción de radiofármacos es el tecnecio-99m (^{99m}Tc), a partir del cual pueden prepararse alrededor de 53 diferentes tipos aprobados, lo que cubre 65% de las necesidades de los estudios de medicina nuclear que se practican a nivel mundial y aproximadamente 80% de los realizados en México.

Los radiofármacos que usan frecuentemente ^{99m}Tc cumplen varias funciones. Permiten la localización de tumores endócrinos, gastrointestinales, de próstata, mama, hipotálamo, hipófisis y pulmón. Además del cáncer medular de tiroides, melanoma y algunas neoplasias uterinas. También es utilizado con el Lutecio-177 (^{177}Lu), pues combinados funcionan como agente diagnóstico de elección para la detección de lesiones precancerosas y células metastásicas (aquellas que promueven la extensión de un tumor a otras partes del cuerpo).

Para realizar la detección de las diversas enfermedades, los radiofármacos son utilizados en técnicas y procedimientos no invasivos para el organismo, pues son seguras, inocuas y requieren dosis mínimas de radiación. Algunos de los estudios más utilizados en esta especialidad son las gammagrafías, centelleografías o gammagramas, la Tomografía por Emisión de Positrones (PET) y la Tomografía Computada por Emisión de un Fotón Único (SPECT).

Existen combinaciones de estos equipos con radiografías para obtener imágenes en 3D, estos son el PET-CT y el SPECT/CT. Su uso permite la



binando morfologías de película y partículas de diferentes tamaños, adicionando funciones de liberación de medicamentos en el sitio de lesión, etcétera.

Se trabaja en proyectos conjuntos con otras instituciones, como la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía, y el Proyecto Camina, A.C.

Los biopolímeros sintetizados se han implantado en ratas de la cepa Long Evans con lesiones de médula espinal y parálisis en ambas extremidades posteriores. Los resultados muestran que las ratas implantadas recuperaron hasta el 80% del movimiento en ambas extremidades, dependiendo de la severidad de la lesión y del tipo de polímero implantado. Los biopolímeros se han implantado también en primates Rhesus con lesiones similares obteniendo menores recuperaciones con mayor énfasis en sensibilidad que en movimiento.

El nivel de recuperación alcanzado significa un gran avance en el campo de lesiones medulares, ya que no ha habido hasta el momento recuperación similar reportada en lesiones de esta severidad, que usualmente producen parálisis irreversible en los pacientes que las sufren.

Con estos trabajos se aborda un problema de salud pública, ya que la lesión traumática de médula espinal está asociada con alta mortalidad y severas consecuencias que llevan a discapacidad y a prolongados y costosos tratamientos de rehabilitación, de gran impacto social y económico.

María Guadalupe Olayo González

Estudió Ingeniería Mecánica Electricista en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Doctorado en Ciencia de Materiales en la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Cuenta, entre sus logros profesionales, con ser parte del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), nivel 2.

Los Thunderbirds era su caricatura favorita. En preparatoria practicó baile folclórico y fútbol, y no le gustaba la Biología con la que tendría felices encuentros años después. La Física es otra de las carreras a la que le hubiera gustado dedicarse. La lectura del libro *Introducción a la ciencia* de Isaac Asimov representó una motivación en su vida. Entre sus personajes históricos, científicos y fantásticos favoritos están José Ma. Morelos y Pavón, Nicolás Tesla y Yoda de *La Guerra de las Galaxias*.



Fundamentalmente se trabaja en implantes para recuperar la comunicación en el sistema nervioso central, ya que después de una lesión severa se pierde la comunicación con el cerebro, produce parálisis.





Imagen de SPECT de ratón sano, inyectado con el radiofármaco $^{99m}\text{Tc-RGD}_2$.

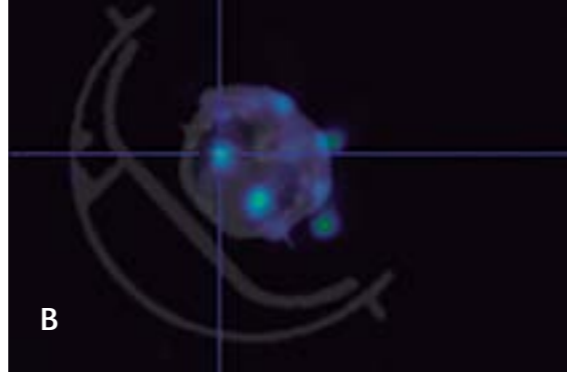


Imagen de SPECT de ratón con cáncer avanzado (metástasis), inyectado con el radiofármaco $^{99m}\text{Tc-RGD}_2$.



El ININ está encargado de la producción y desarrollo de nuevos radiofármacos en todo el país y genera cerca del 60% del mercado nacional.

detección de lesiones cancerosas, aunque también se emplean para análisis de la función cardíaca y neurológica.

Los radiofármacos son empleados en la obtención de imágenes. Existen alrededor de 117 radiofármacos para diagnóstico aprobados para su uso en humanos que se aplican en la práctica de la medicina nuclear en más de 100 instituciones de salud en nuestro país.

En el Laboratorio de Investigación de Radiofármacos del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), se llevan a cabo en forma continua labores de investigación y desarrollo de nuevos radiofármacos para el sector Salud.

Recientemente se desarrolló un kit de péptidos que pueden radiomarcarse con galio-68 (^{68}Ga) para su aplicación en radioterapia y radiodiagnóstico. El galio es un excelente emisor de positrones que se caracteriza por su baja emisión de fotones y es compatible con una gran cantidad de moléculas de interés usadas en diagnóstico, planeación y seguimiento. Además es de mayor sensibilidad que el ^{99m}Tc .

El ININ está encargado de la producción y desarrollo de nuevos radiofármacos en todo el país y genera cerca del 60% del mercado nacional, además de trabajar en la investigación y desarrollo de estos productos para enriquecer la labor de la medicina nuclear y mejorar la calidad de vida de la población.

Erika Patricia Azorín Vega

Es egresada de la Licenciatura en Biología Experimental por la Universidad Autónoma Metropolitana plantel Iztapalapa (UAM-I) y realizó estudios de Maestría y Doctorado en Ciencias con especialidad en Fisiología Celular y Molecular en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav).

Su sueño siempre fue trabajar —como ahora lo hace— en un laboratorio de investigación. Otras disciplinas a las que le hubiera gustado dedicarse son la Arqueología o la Medicina. Su programa de televisión favorito era *El mundo de Beakman*. Algunas de las actividades que más ha disfrutado y disfruta son la natación, leer, escuchar música y tocar el saxofón. Entre sus libros más significativos están *El amor en los tiempos del cólera* de Gabriel García Márquez y *El juego del ángel* de Carlos Ruiz Zafón. Sus personajes predilectos son Leonardo da Vinci, Porfirio Díaz y Gioconda Belli.



GUARDIANES de desechos



Norma Zárate Montoya

Los avances científicos y tecnológicos son fundamentales para el desarrollo de la humanidad. Sin embargo, muchas de las aplicaciones de la ciencia deben manejarse con responsabilidad y cuidado.

A pesar de ser poco conocida y reconocida por la mayoría de las personas, la ciencia nuclear es una pieza clave para el progreso científico y el bienestar de la sociedad. Los materiales radiactivos en sus aplicaciones tecnológicas y científicas han logrado salvar millones de vidas y potenciar múltiples industrias. Sin embargo, al igual que otros tipos de energía, los materiales empleados en ellas, tienen un tiempo de aprovechamiento y después se convierten en desechos: materiales sin utilidad que contienen elementos radiactivos en concentraciones superiores a las determinadas por la normativa mexicana.

Por ese motivo, la Secretaría de Energía (Sener), de acuerdo con la ley reglamentaria del artículo 27 constitucional en materia nuclear, delegó al Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) la gestión de desechos radiactivos generados en actividades no energéticas, en tanto que la Comisión Federal de Electricidad (CFE) maneja los desechos radiactivos de la Central Nucleoeléctrica "Laguna Verde", que está enfocada en la producción de electricidad.

Los materiales radiactivos en forma de fuentes selladas o abiertas son utilizados constantemente en actividades cotidianas, sin embargo tienen como consecuencia la generación de desechos radiactivos.

En la investigación es en donde inicia el manejo de los materiales radiactivos para su estudio y posterior empleo en la medicina y en la industria con fines benéficos para la sociedad. Por ejemplo, en la medicina nuclear el empleo de radiofármacos (fuentes abiertas) aplicados a los pacientes para realizar mediciones fisiológicas, obtener imágenes de órganos, glándulas o sistemas, y así llevar a cabo ciertos tratamientos, generan como desechos radiactivos compactables: jeringas, guantes, papeles, recipientes y algodones con contaminación radiactiva. También se emplean fuentes selladas en teleterapia como fuentes de cobalto (Co-60) y cesio (Cs-137) para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades como el cáncer.

En la industria también se utilizan fuentes selladas, algunos ejemplos son la gammagrafía con fuentes de iridio (Ir-192) empleada en el análisis no destructivo de soldaduras como tuberías de agua y gas, en la



Tantos usos y aprovechamientos de las aplicaciones nucleares representan múltiples beneficios, pero también conllevan una gran responsabilidad en el uso adecuado de los materiales requeridos.





Fuente sellada utilizada en el análisis no destructivo de soldaduras como tuberías de agua y gas.



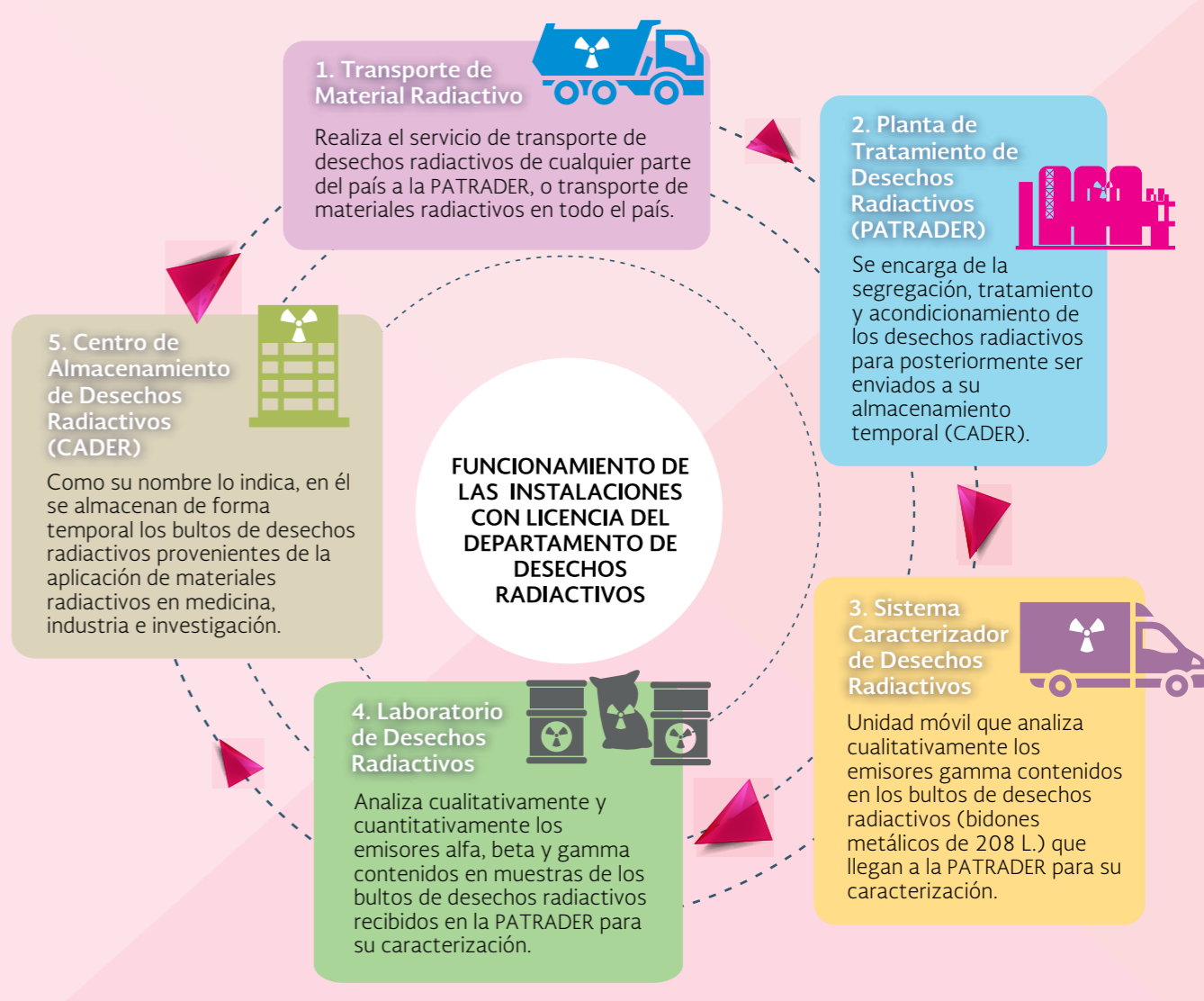
Una fuente abierta es todo material radiactivo que durante su utilización puede entrar en contacto directo con el ambiente, como los radiofármacos utilizados en medicina nuclear.

medición de niveles como el llenado de envases, tanques, entre otros, y la medición de espesores y densidades en papel y telas. Estas fuentes selladas son dispuestas como desechos radiactivos (fuentes selladas gastadas) cuando terminan su vida útil.

Tanto usos y aprovechamientos de las aplicaciones nucleares representan múltiples beneficios para el ser humano, pero también conllevan una gran responsabilidad en el apropiado uso y actividades de tratamiento y almacenamiento temporal y definitivo de los desechos radiactivos.

Para cumplir este propósito el ININ cuenta con el Departamento de Desechos Radiactivos (DDR), que recibe principalmente desechos sólidos compactables, algunos líquidos y fuentes selladas gastadas.

La Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS), órgano regulador en materia nuclear en México, le otorgó al DDR cinco licencias de operación que permiten el funcionamiento de las siguientes cuatro instalaciones y un servicio.



La gestión de desechos radiactivos a cargo del DDR comienza con el transporte, recolección, segregación, caracterización, tratamiento, acondicionamiento y finalmente el almacenamiento temporal de los desechos radiactivos generados en la medicina, la investigación y la industria de nuestro país. Así, el ININ propicia y contribuye al desarrollo de la ciencia e industria nuclear en México de forma comprometida y segura con el ambiente y la población.

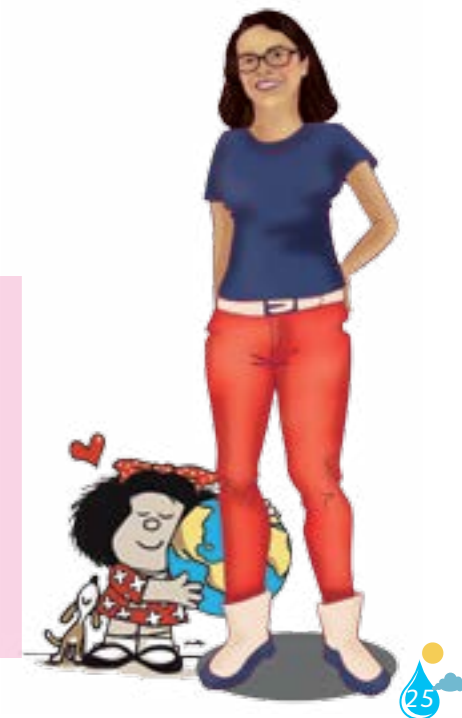


Los materiales radiactivos en sus aplicaciones tecnológicas y científicas han logrado salvar millones de vidas y potenciar múltiples industrias.

Norma Zárate Montoya

Estudió Ingeniería Química en la Universidad Veracruzana. Uno de sus logros más destacados es haber finalizado sus estudios de la Maestría en Ciencias Ambientales después de 20 años de concluir su Licenciatura.

La materia que menos le gustó durante sus estudios fue la Física. Disfrutó mucho de andar en bicicleta. El libro que representó un cambio en su vida es *Estática de Beer Johnston*, al grado que la hizo cambiar de profesión. Su caricatura favorita es *Mafalda*. Su cantante y su pintor favorito son Roberto Carlos y Diego Rivera.





María de las Mercedes Alfaro

La medición de las dosis de incorporación de radionúclidos al organismo, conocido como dosimetría, sirve para supervisar que no se superen los límites establecidos en las normas internacionales y nacionales de protección radiológica, más en aquellas personas cuyo trabajo está relacionado con el manejo de algún tipo de radiación.

La vida en la Tierra se ha desarrollado en presencia de la radiación, pues siempre ha estado en nuestro planeta y nos ha acompañado a lo largo de la historia.

El ser humano es radiactivo desde la composición de su materia. Entre los isótopos radiactivos que tenemos en el cuerpo se encuentran el carbono-14 (^{14}C), uranio-238 (^{238}U), plomo-210 (^{210}Pb), torio-232 (^{232}Th) y potasio-40 (^{40}K). Este último es el elemento más importante de la radiactividad corporal. Una persona de 70 kilos contiene 140 gramos de potasio, de los cuales 0.017 gramos son radiactivos. Esta cantidad corresponde a 2 mil 660 becquerels (unidad de medida de la actividad radiactiva).

En promedio, un ser humano durante su periodo de vida está expuesto a un 69.3% de radiactividad. La mayor parte proviene de fuentes naturales como, por ejemplo, la radiación cósmica y elementos que se encuentran en el suelo y en el aire, así como en materiales de construcción.

También proviene de los alimentos y bebidas que consumimos como algunas frutas y mariscos ricos en potasio. La menor parte proviene de fuentes artificiales usadas en las aplicaciones de la medicina nuclear, investigación y generación de electricidad.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, por sus siglas en inglés) ha diseñado y propuesto un sistema para establecer medidas esenciales en la limitación de dosis para los trabajadores expuestos a radiaciones y también para la población en general.

A las personas cuyo trabajo está relacionado con el manejo o control de algún tipo de radiación se les llama Personal Ocupacionalmente Expuesto. Por ejemplo, los médicos y técnicos que trabajan con rayos X o medicina nuclear. Ellos están expuestos a dosis anuales mayores que el resto de las personas y por tal motivo su actividad debe ser supervisada y controlada para evitar riesgos en su salud.

El conocimiento y evaluación de la dosis de trabajadores potencialmente expuestos constituye una parte integral del programa de protección radiológica del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) y



El conocimiento y evaluación de la dosis de trabajadores potencialmente expuestos constituye una parte integral del programa de protección radiológica del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) y procura asegurar condiciones seguras y satisfactorias en los espacios de trabajo.

procura asegurar condiciones seguras y satisfactorias en los espacios de trabajo.

Existe un número importante de trabajadores ocupacionalmente expuestos a fuentes abiertas de radiaciones ionizantes, vinculadas principalmente a actividades de medicina nuclear, investigación, producción de isótopos radiactivos o radionúclidos, y gestión de desechos radiactivos.

La medición de las dosis de incorporación de radionúclidos al organismo, conocido como dosimetría, sirven para verificar y controlar que no se superen los límites establecidos en las recomendaciones de las normas básicas internacionales de protección contra las radiaciones ionizantes y de seguridad de las fuentes de radiación establecidas en el Reglamento General de Seguridad Radiológica (RGSR) de nuestro país.

Con el propósito de proteger a los individuos expuestos se les realiza un análisis de la exposición a la radiación interna y externa, para asegurar que no rebasen los límites anuales de incorporación de dosis efectiva comprometida de 50 milisievert (unidad que mide la dosis de radiación absorbida por la materia viva) por año, de acuerdo al RGSR.



El ser humano es radiactivo desde la composición de su materia. Entre los isótopos radiactivos que tenemos en el cuerpo se encuentran el carbono-14 (^{14}C), uranio-238 (^{238}U), plomo-210 (^{210}Pb), torio-232 (^{232}Th) y potasio-40 (^{40}K).





La dosimetría interna *in vivo* es la herramienta que les permite realizar un análisis certero. Es un proceso que comienza con un estudio espectrométrico de la persona para conocer la actividad radiactiva en becquerels y el radionúclido incorporado para posteriormente realizar el cálculo de la dosis, utilizando el coeficiente de cada una de éstas para cada radionúclido y estimar la medida efectiva comprometida en sieverts.

Los contadores de cuerpo entero son sistemas de instrumentación nuclear con detectores de radiación que miden directamente la incorporación del material radiactivo de emisores de rayos gamma o X desde el exterior de la persona, realizando un barrido a lo largo de todo el cuerpo o en un órgano determinado.

La calibración de estos contadores de cuerpo entero es muy importante, por lo que se utilizan maniqués especiales que simulan la introducción de emisores gamma en el cuerpo íntegro o en un órgano específico. Por ello, la protección radiológica es una de los elementos fundamentales para el manejo adecuado de la energía nuclear.



La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, por sus siglas en inglés) ha diseñado y propuesto un sistema para establecer medidas esenciales en la limitación de dosis para los trabajadores expuestos a radiaciones y también para la población en general.



María de las Mercedes Alfaro

Es Química Farmacéutica Bióloga, egresada de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Cuenta entre sus logros profesionales, académicos y personales poner en funcionamiento el Laboratorio de Dosimetría Interna del ININ y coordinar un proyecto de ARCAL (Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe), además de tener tres maravillosos hijos y titularse en la Maestría de Administración.

Mafalda ha sido su caricatura favorita. La lectura de *El viejo y el mar* de Ernest Hemingway le resultó muy significativa. Antes le gustaba jugar basquetbol y ahora le place hacer yoga. Napoleón Bonaparte, madame Curie, el mago Merlín y el grupo II Divo son sus personajes histórico, científico, fantástico y musical favoritos.

La visión sustentable de la energía nuclear



Armando Miguel Gómez Torres

El desarrollo sustentable tiene que ver con satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de solventar sus propias necesidades.

A este respecto, la ciencia nuclear contribuye a buscar soluciones. Un ejemplo de ello es la producción de electricidad en centrales nucleares. Esta opción es amigable con el ambiente porque no emite gases de efecto invernadero, además de ser una energía que produce carga base, es decir, electricidad de manera constante. La energía nuclear se puede considerar como una energía que toma en cuenta los principios básicos del desarrollo sustentable.





Visitas guiadas

Conoce las instalaciones del centro nuclear de investigación de México.

Las visitas son gratuitas y se dan a todas las escuelas de nivel medio superior, superior y posgrado.

Entra al sitio web del ININ, revisa los requisitos y reserva la fecha de tu visita guiada.

Teléfono
5329 7200, exts. 11260 y 11264



Estancias y servicio social

Si eres estudiante de ciencias, carreras administrativas o humanidades, ven a realizar tu servicio social, prácticas profesionales o estancia.

Sé uno de nuestros becarios para desarrollar tu tesis de Licenciatura, Maestría o Doctorado con la asesoría de colaboradores del ININ.

Entra al sitio web del ININ, revisa los requisitos e inicia el trámite.

Teléfono
5329 7200, exts. 15294 y 15295



ININmx



@inin_mx

