

# Apps nucleares

Divulgación de la ciencia y tecnología nucleares para jóvenes  
Verano 2015

2

- ▶ Superpoderes de los plasmas médicos
- ▶ El patrimonio en la máquina del tiempo
- ▶ Al servicio de la calidad
- ▶ Gestión del conocimiento nuclear



Salud



Arte



Industria



Horizonte nuclear



instituto nacional de  
investigaciones nucleares

**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

**Fotografía**  
Pável Azpeitia de la Torre  
Armando Iturbe German  
123RF

**Diseño e ilustraciones**  
Angélica Balderrama

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

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

Registro en trámite.

No. 2, verano 2015

@ elizabeth.lopezbarragan@inin.gob.mx

f ININmx

🐦 @inin\_mx

🌐 www.inin.gob.mx

**CONTENIDO**

**Editorial**  
Lydia Paredes Gutiérrez 1

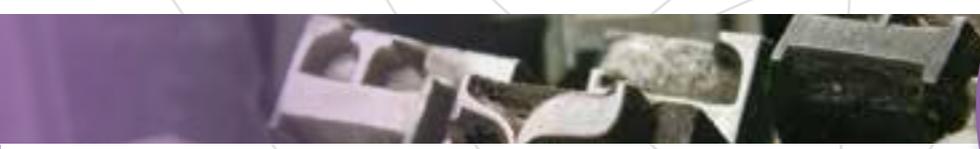
**Salud**  
**Superpoderes de los plasmas médicos** Rosendo Peña Eguiluz 2  
**Diagnóstico temprano de insulinomas y diabetes** Blanca Elí Ocampo García 6

**Ambiente**  
**El plasma al cuidado del ambiente** Marquidia Josseline Pacheco Pacheco 8  
**Huellas humanas en el entorno** Oliver Gutiérrez Lozano 10

**Arte**  
**El patrimonio en la máquina del tiempo** Manuel Eduardo Espinosa Pesqueira 13  
**El lenguaje de la piedra** María Dolores Tenorio 17

**Industria**  
**Irradiación gamma y su energía purificadora** Edith Hernández 20  
**Al servicio de la calidad** Edwina E. García Hernández 22

**Horizonte Nuclear**  
**Gestión del conocimiento nuclear** Vicente Xolocostli Munguía 25



Las investigaciones y descubrimientos científicos siempre alimentan nuestras admiraciones. Son un constante homenaje al asombro.

Por ejemplo, la ciencia y tecnología nuclear aplicada a la arqueología nos permite entender, al estudiar las piedras, cómo se vivía hace miles de años. Al estudiar el patrimonio cultural de la humanidad realizamos asombrosos viajes en el tiempo, donde se vinculan aspectos del pasado, presente y futuro de nuestra civilización. Las aplicaciones nucleares en torno al arte y la cultura constituyen una singular máquina del tiempo.

Por su parte, la medicina nuclear ha abierto nuevas posibilidades terapéuticas y de diagnóstico. Actualmente, se está desarrollando un nuevo radiofármaco para la detección de insulinomas que contribuye al diagnóstico temprano de la diabetes, una enfermedad que hoy día afecta la salud y economía de un número cada vez más creciente de personas y familias. El uso de plasmas médicos para favorecer la cicatrización de heridas crónicas, eliminar microorganismos o células cancerosas, nos hace recordar los poderes de superhéroes como Superman. Ficción que la ciencia hace realidad. Justo ese cuarto estado de la materia, que es el plasma, nos permite transformar

residuos tóxicos, como los contaminantes emitidos por los autos, en compuestos menos nocivos. En este mismo sentido, exploramos las huellas (hídricas y de carbono) que deja el hiperconsumo y las acciones que podemos asumir para cuidar nuestro planeta y tener un consumo más responsable.

Y ya que estamos hablando de consumo, el control de las radiaciones también nos permite desbacterizar y esterilizar múltiples productos de uso y aprovechamiento humano, como es el caso de materias primas y condimentos utilizados en la industria alimentaria, y en artículos cosméticos y de higiene personal, así como en materiales de uso médico y veterinario.

Con la evaluación de equipos y componentes de uso industrial, la tecnología nuclear también contribuye a la calidad que es la base de la competencia en los mercados globales. Y su aplicación se da en varias industrias, como la automotriz, aeronáutica, petroquímica o de la construcción, entre muchas otras.

Como podrás constatar en este número, el desarrollo y aplicación de la tecnología nuclear ha permitido el progreso en diversas áreas del saber. Y la misma gestión del conocimiento nuclear constituye un proceso que involucra una extensa red de instituciones y personas en todo el mundo.

Estudió la carrera de Ingeniería en Energía en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). Realizó estudios de Maestría en Ciencias en Ingeniería Nuclear por el Instituto Politécnico Nacional (IPN). Obtuvo los grados de Maestría y Doctorado en Ciencias en Física Médica por la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Recibió en 2015 el reconocimiento a su trayectoria como egresada distinguida de la UAM. 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.

Ocupa la Dirección General del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) desde enero de 2013. Actualmente, 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). Gusta del salmón a la plancha y del tiramisú. Una de sus películas predilectas es *Viaje a las estrellas*. Entre sus libros favoritos están *Cien años de soledad* y *Juan Salvador Gaviota*. Admira Isaac Newton y a Galileo Galilei.



Lydia Paredes Gutiérrez



# Superpoderes de los plasmas médicos



SALUD

## Rosendo Peña Eguiluz

Recuerdas que Superman puede disparar con la mirada rayos de calor intenso y cicatrizar una herida. Con el uso de plasmas en la medicina nuclear podremos hacer eso. Aunque parece fantasía, hay investigaciones en desarrollo que permiten hacer de la ficción una realidad.



Al proceso mediante el cual se logra desprender o incorporar un electrón a una molécula o átomo neutro se le denomina **ionización**.

Este proceso da como resultado la formación de átomos o moléculas cargadas eléctricamente, que interactúan con la materia obteniendo o cediendo un electrón para recuperar su estado original o se combinan con otros elementos o moléculas formando un compuesto diferente. Este tipo de procesos se reproducen de manera controlada en diversas áreas de la ciencia y la tecnología.

Un método ampliamente utilizado para producir procesos de ionización en gases, consiste en hacer circular un gas a través de un espacio restringido entre dos conductores eléctricos, los cuales a su vez están conectados a una fuente de alto voltaje, esta última es la encargada de proporcionar la energía suficiente para mantener los procesos de ionización en el gas aplicado.

Este tipo de gases ionizados, donde una determinada proporción de sus elementos tiene carga eléctrica, además de que se comportan como buenos conductores eléctricos y responden en conjunto a interacciones electromagnéticas, se les denomina **plasmas**.

De manera que los plasmas presentan características particulares que no tienen los gases, líquidos o sólidos en su estado natural, por lo que es considerado el **cuarto estado de agregación de la materia**.

Algunos ejemplos de plasmas existentes en la naturaleza son: el sol, las estrellas, la aurora boreal, los relámpagos, entre otros.

La observación de los diversos fenómenos que ocurren en la naturaleza ha permitido al hombre fundamentar y desarrollar ideas, teorías y leyes, así como tecnología aplicada en su beneficio.

El plasma no es la excepción y dentro de sus diversas aplicaciones se pueden citar: sistemas de alumbrado basados en lámparas fluorescentes, pantallas, síntesis de materiales, modificación y funcionalización de superficies, depósito de películas delgadas, sistemas de soldadura y corte de metales, aplicaciones ambientales, biológicas, veterinarias y médicas.

Estos últimos tipos de estudios se han llevado a cabo durante la última década en el **Laboratorio de Física de Plasmas** del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ).

Una de las aplicaciones de las partículas ionizadas en aspectos biológicos y médicos es en la **desactivación o eliminación de microorganismos**. ¿Acaso no sería sorprendente que un equipo o inclusive un robot pudieran eliminar los microorganismos existentes en los cuartos de pacientes de un hospital sin utilizar compuestos químicos?

Se están realizando pruebas para que esto sea una realidad, pues se ha demostrado que plasmas con temperatura promedio próxima a la del medio ambiente permiten eliminar diversos tipos de microorganismos en superficies inertes y en instrumentos quirúrgicos en menor tiempo que el requerido con métodos químicos, físicos y térmicos convencionales, como son: óxido de etileno, fenoles, aldehídos, autoclave de vapor, horno de esterilización, entre otros. Además no producen un nuevo efecto residual contaminante o peligroso para el medio circundante y las personas.

¿Te puedes imaginar algo que además de eliminar los microorganismos, favorezca y acelere el proceso de cicatrización de heridas? Los experimentos realizados en animales de laboratorio lo demuestran y no sólo eso, sino que además **favorecen la cicatrización de heridas crónicas**, como en el caso de animales sufriendo de diabetes mellitus.



Aplicación de plasma de tipo aguja en helio a un pocillo de microplaca. Este tipo de experimentos son algunos de los que se realizan con microorganismos y células contenidos en un medio líquido.

Plasmas con temperatura promedio próxima a la del medio ambiente permiten eliminar diversos tipos de microorganismos en superficies inertes y en instrumentos quirúrgicos en menor tiempo que el requerido con métodos químicos, físicos y térmicos convencionales.





En el Laboratorio de Física de Plasmas se ha propuesto una técnica basada en utilizar las propiedades de plasma de dos gases nobles (argón y helio) que favorece la adecuada cicatrización en menor tiempo que el proceso natural.

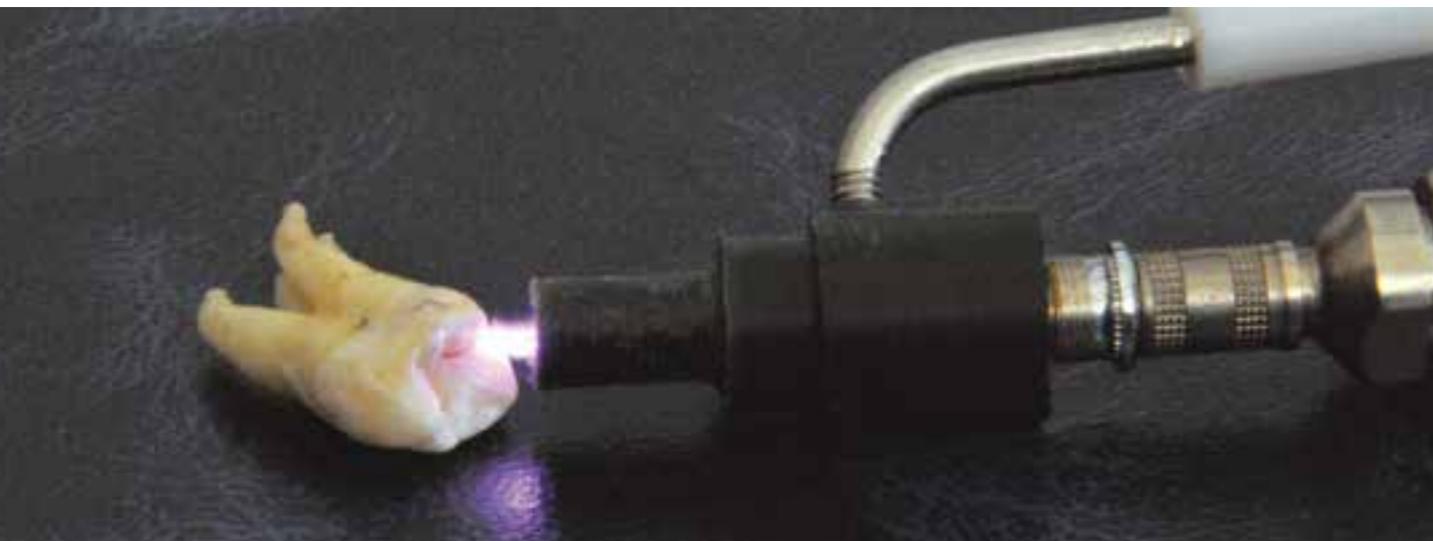
¡Imaginar que sea posible borrar las marcas quirúrgicas o cicatrices aplicando el proceso después de las operaciones estéticas de reconstrucción sería fantástico!, ¿no crees?

Todo esto suena como un tema de libro o película de ciencia ficción, pero hay investigaciones en desarrollo que permiten hacer de la ficción una realidad en muchas áreas del conocimiento.

También se han realizado pruebas a nivel de laboratorio en procesos de desactivación de células HeLa, las cuales derivan de una muestra de cáncer cérvico-uterino y que son ampliamente utilizadas en investigación científica. Los resultados obtenidos son bastante prometedores, lo que refuerza la capacidad de aplicación de estos plasmas para eliminar no sólo microorganismos sino también **células indeseables**.

Es más, también es posible hacer generadores de plasma portátiles para llevarlos a lugares remotos o para tratar superficies irregulares o poco accesibles, además de que pueden miniaturizarse, con la finalidad de poder manipular materiales a muy pequeña escala o inclusive células.

Se espera que en un futuro existan métodos y técnicas accesibles que permitan restablecer la salud en pacientes sin causar efectos colaterales o que sean reducidos al máximo y que además favorezcan los procesos naturales de mejoramiento.



Exposición de un molar al plasma de tipo aguja en helio. En esta área los estudios por realizar son muy amplios y tienen como finalidad establecer una técnica segura y alternativa para el tratamiento de la placa bacteriana.



Se espera que en un futuro existan métodos y técnicas accesibles que permitan restablecer la salud en pacientes sin causar efectos colaterales o que sean reducidos al máximo y que además favorezcan los procesos naturales de mejoramiento.

Esto es un pequeño panorama de un área de investigación y desarrollo tecnológico en pleno crecimiento alrededor del mundo y en el cual el Laboratorio de Física de Plasmas ha estado participando de manera activa y propositiva.

Imágenes de la cicatrización de una herida antes y después de aplicar el tratamiento de plasma.



Sin tratamiento



Con tratamiento (argón)

Es ingeniero en Electrónica y maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica por el Instituto Tecnológico de Toluca. Se doctoró con mención honorífica en Ingeniería Eléctrica en el Instituto Nacional Politécnico de Toulouse, en Francia. Actualmente, colabora en el Laboratorio de Física de Plasmas del ININ.

Practica natación y yoga. Le gusta ver películas, leer, escuchar música, jugar videojuegos y viajar. Su película favorita es *Blade Runner* de Ridley Scott y el cine de animación del realizador japonés Hayao Miyazaki, como *El viaje de Chihiro*, *El castillo vagabundo* y *El viento se levanta*, entre otras. Entre sus libros favoritos está la novela *El nombre de la rosa* de Umberto Eco y la saga literaria del profesor J. R. R. Tolkien. Sus científicos favoritos son Michael Faraday y Nikola Tesla, y sus personajes fantásticos preferidos son Guillermo de Bakersville, Eowyn y Kvothe.



Rosendo Peña Eguluz



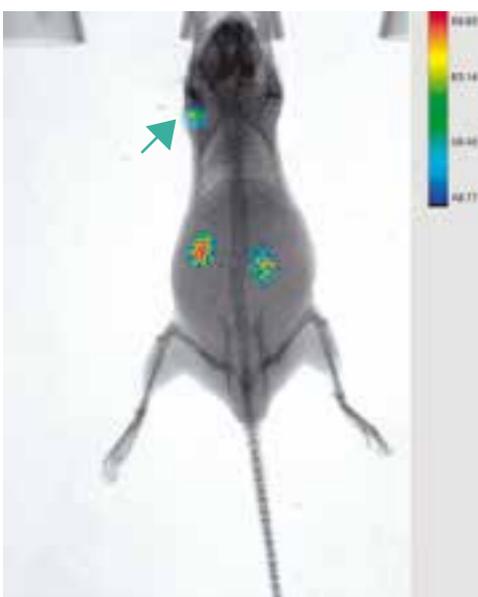
# Diagnóstico temprano de **insulinomas y diabetes**

**Blanca Elí Ocampo García**

Un nuevo radiofármaco desarrollado en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) permitirá la detección de insulinomas y el diagnóstico temprano de diabetes por imagen nuclear.



SALUD



Tumor detectado con el nuevo radiofármaco.

Los insulinomas son tumores muy pequeños que se originan en el páncreas y que pueden encontrarse también en la parte superior del intestino delgado.

Frecuentemente, los insulinomas tienen un comportamiento benigno (no invasivo), pero producen síntomas severos como hiperinsulinismo (elevados niveles de insulina en sangre).

En menor medida, los insulinomas pueden ser de naturaleza maligna, es decir, que pueden diseminarse a otros órganos o tejidos, como el hígado y los ganglios linfáticos.

Los insulinomas, ya sean benignos o malignos, son muy difíciles de detectar por métodos convencionales de imagen debido a su tamaño tan pequeño. El tratamiento de elección es la cirugía, por lo tanto es muy importante su localización preoperatoria.

Los receptores del péptido tipo 1 análogo al glucagón (GLP1-R), que son proteínas de membrana, se sobreexpresan en la superficie de las células de insulinomas y en las células  $\beta$  (beta) del páncreas.

La reducción de células  $\beta$  del páncreas provoca una secreción inadecuada de insulina, lo que es un factor clave en el desarrollo de **diabetes**.

La importancia de evaluar esta masa celular radica en que el deterioro de las células  $\beta$  comienza años antes de que la enfermedad se revele clínicamente.

En el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) desarrollamos un nuevo radiofármaco llamado  $\text{Lys}^{27}(\text{}^{99\text{m}}\text{Tc-EDDA/HYNIC})\text{-Exendin}(9\text{-}39)$ , que es útil para la **detección de insulinomas** y el posible diagnóstico temprano de diabetes por imagen nuclear, ya que dicho radiofármaco se une específicamente a los receptores GLP1.

Los insulinomas, ya sea benignos o malignos, son muy difíciles de detectar por métodos convencionales de imagen debido a su tamaño tan pequeño.

Cabe recordar que los radiofármacos son sensores moleculares que contienen radionúclidos en su estructura. Estos compuestos se emplean con más frecuencia para realizar estudios clínicos por imagen nuclear que muestran cómo están funcionando los sistemas biológicos *in vivo* incluyendo órganos y tejidos.

Por otra parte, la diabetes es un grave problema de salud pública para México, además de muy costosa. De acuerdo con cifras del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en 2013 esta enfermedad es responsable de más de 87 mil muertes cada año.

Para la obtención del nuevo radiofármaco fue necesario diseñar un derivado de la molécula "exendin" que contiene un grupo químico para introducir el radionúclido de tecnecio.

Posteriormente, se desarrolló una formulación farmacéutica liofilizada, eficaz, estable y segura para la obtención del radiofármaco.

Las pruebas de estabilidad en suero humano y afinidad por células positivas a receptores GLP1 nos indicaron que el radiofármaco funcionaba adecuadamente como un sensor específico.

Finalmente, se realizaron las pruebas preclínicas en ratones de laboratorio con insulinomas inducidos, obteniendo imágenes claras del tumor, lo que corroboró su adecuada afinidad y biocinética del radiofármaco *in vivo*.

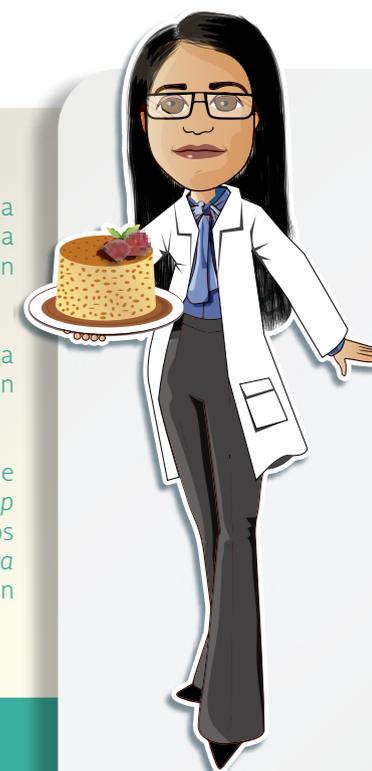
Actualmente, se está programando la evaluación clínica del radiofármaco previa presentación del expediente legal a la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris) para la solicitud del registro sanitario correspondiente.

El deterioro de las células  $\beta$  comienza años antes de que la enfermedad se revele clínicamente.

Es química farmacéutica bióloga por la Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). En esa misma institución, en la Facultad de Medicina, obtuvo el doctorado con mención honorífica en Ciencias con especialidad en Física Médica.

Recientemente se hizo acreedora de una de las cinco becas que otorga L'oréal-Unesco-Conacyt-AMC a mujeres dedicadas a la investigación científica en México.

Cuando iba a la preparatoria jugaba basquetbol. El flan napolitano le sigue gustando mucho. Antes sus películas favoritas eran *Forrest Gump* y *El rey león*, ahora lo son *El misterio de la libélula* y *Amigos*. Los libros más representativos, entre sus lecturas, son *Los pilares de la tierra* y *La ridícula idea de no volver a verte*. Sus personajes favoritos son Leonardo Da Vinci y Marie Curie.



Blanca Elí Ocampo García





# El plasma al cuidado del ambiente

## Marquidia Josseline Pacheco Pacheco

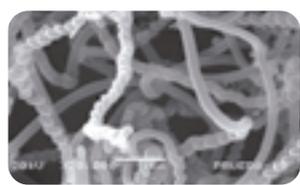
Existe un cuarto estado de la materia, que es menos conocido pero muy abundante, al que investigamos desde hace más de 20 años en el Laboratorio de Aplicaciones de Plasmas del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) para cuidar al ambiente.



AMBIENTE



Plasma



Filtro de nanotubos de carbono



Dispositivo para la descontaminación de gases

Son tres los **estados de la materia** que conocemos comúnmente: sólido, líquido y gas.

Sin embargo existe un cuarto estado: el plasma.

Este cuarto estado de la materia es menos conocido, pero muy abundante. Se estima que el **99% del universo está compuesto por plasma**.

### Pero, ¿qué es el plasma?

Las auroras boreales, la corona del Sol, las estrellas, las nebulosas, son ejemplos de plasma y se caracterizan por tener una luz de colores intensos y llamativos. Esta luz se forma cuando se agrega energía eléctrica a un gas. El gas en presencia de esta energía se transforma, pues se le desprenden electrones y comienzan a formarse iones y fotones, siendo los fotones los que generan la luz que podemos ver.

Los rayos y centellas son buenos ejemplos de cómo se crea un plasma. Estos se forman cuando hay una descarga eléctrica entre dos nubes o entre una nube y la Tierra. El aire se ioniza entonces y forma esa luz intensa que muchas veces nos sorprende con un potente estruendo.

### ¿Para qué sirve el plasma?

Desde tiempos muy antiguos los científicos comenzaron a interesarse en lo que hoy se conoce como plasma, haciendo experimentos en llamas y en la creación de los primeros focos.

Actualmente, podemos ver plasmas en nuestra vida cotidiana en las lámparas de neón y en los televisores de plasma. Se usan también para dirigir satélites y como cortadores de acero.

En el **Laboratorio de Aplicaciones de Plasmas** del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) investigamos los plasmas desde hace más de 20 años para cuidar al ambiente.

Nuestro laboratorio está conformado por los científicos que generamos las ideas, experimentamos y tratamos de explicar qué sucede y cómo puede beneficiarse la sociedad, los técnicos que crean los reactores de plasma y los estudiantes ejemplares que nos apoyan también para hacer los experimentos.

Lo que hacemos en nuestro laboratorio es aplicar una descarga eléctrica a un gas que se encuentra dentro de un reactor, generando así el plasma.

Dentro del reactor podemos introducir residuos peligrosos como los generados por industrias petroquímicas o residuos hospitalarios, así como los gases tóxicos que liberan las industrias y automóviles, y que están generando el **cambio climático** en el mundo. Con el plasma podemos transformar estos residuos tóxicos en compuestos menos nocivos.

Con el plasma podemos transformar estos residuos tóxicos en compuestos menos nocivos.

En estos últimos años nuestra tecnología se ha consolidado de tal manera que además de tratar los residuos peligrosos se han logrado obtener gases muy energéticos como el hidrógeno que puede considerarse, además de la energía nuclear, como uno de los **combustibles más limpios** en el mundo.

En nuestro laboratorio se desarrolló un prototipo a base de plasma complementado con un filtro de nanotubos de carbono hechos con plasma, que se adaptaría a los escapes de los vehículos. Esta idea ya tiene una solicitud de patente.

Este dispositivo ayudaría a disminuir la contaminación generada por el parque vehicular que anualmente provoca 1.3 millones de muertes en el mundo, así como la disminución de más de nueve meses en la esperanza de vida.

Egresada de Ingeniería Química por el Instituto Tecnológico de Toluca. Hizo la Maestría y el Doctorado en Física e Ingeniería de Plasmas, en la Universidad Paul Sabatier de Toulouse Francia. Recibió la Beca para las Mujeres en la Ciencia de L'Oréal-Unesco-AMC.

Hizo la prepa en Francia, a donde llegó sin hablar francés y justo fue la lengua de Molière y Víctor Hugo la materia que más se le dificultó en ese entonces. La natación y la lectura han sido sus actividades favoritas, le encantan las películas de Chaplin y gusta de la comida francesa, así como de los chilaquiles verdes y las papas fritas bañadas con salsa y limón. Admira a Mahatma Gandhi y a Sor Juana Inés de la Cruz. Uno de los libros que más han llamado su atención es 1984 de George Orwell.

Marquidia Josseline Pacheco Pacheco





# Huellas humanas en el entorno



AMBIENTE

## Oliver Gutiérrez Lozano

Nuestras acciones cotidianas impactan el entorno en el que vivimos. El consumo cotidiano deja huella en el planeta y muchas veces no somos conscientes de ello y de lo que implica. Pero mucho podemos hacer para frenar el impacto desmedido que ocasionamos a nuestro ambiente.



El mundo empezó a cambiar después de la Segunda Guerra Mundial, en la década de los 50. Los cambios tecnológicos producidos por la guerra hicieron que rápidamente los países se enfocaran en la industrialización y la comercialización de bienes y servicios.

En los medios de comunicación se difundió la promesa de que el consumo haría que las personas alcanzáramos la felicidad “por el sólo hecho de adquirir algo nuevo”. Y efectivamente, al momento de adquirir algún bien deseado existe un momento de goce. Sin embargo esa satisfacción dura muy poco.

Lo que no vemos es el impacto que el **consumo desmedido** genera sobre el planeta y sus ecosistemas. Ese impacto se ve reflejado en la desmesurada generación de basura y desechos.

### Residuos

En México, la generación de residuos es en promedio de un kilogramo por habitante diario. Si multiplicamos esa cantidad por todas las personas que vivimos en el país (112 millones 336 mil 538 habitantes en 2010, según datos del INEGI), tenemos que manejar y tratar 112 mil 336 toneladas de residuos ¡cada día! Una cantidad impresionante, pero que es real.

Otro problema lo representa la diversidad de **basura** que generamos. Actualmente la legislación mexicana tiene tipificados tres tipos de residuos: a) residuos peligrosos, b) residuos de manejo especial y c) residuos sólidos urbanos.



En México, la generación de residuos es en promedio de un kilogramo por habitante diario.



**Sólidos urbanos**  
Se producen en las casas, oficinas o en las calles.



**De manejo especial**  
Generados en algunos procesos productivos.

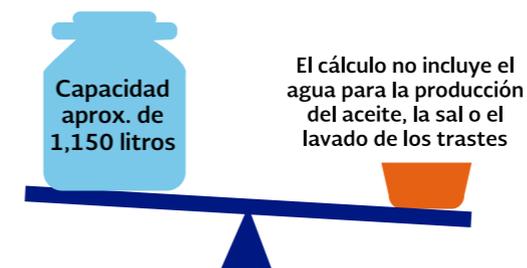


**Peligrosos**  
Con alguna característica CRETIB (Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad o posible infección).

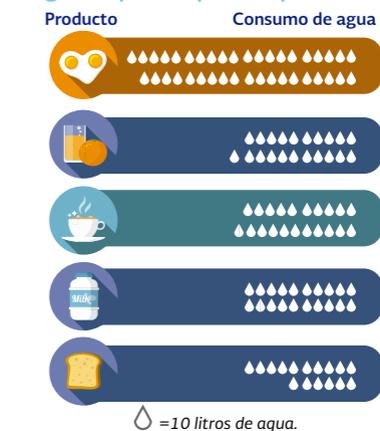


### Huella hídrica de un desayuno

Se requieren 1,150 litros de agua para preparar un desayuno con: una taza de café, dos huevos, un vaso de leche, un jugo y pan.



### Agua requerida para su producción



Para cada tipo de residuos las regulaciones plantean una forma de manejo específica. El problema radica en que la mayoría de las personas desconocemos cuál debe de ser su **manejo adecuado**, así como el impacto que genera hacer un mal manejo de los residuos. Por mencionar un ejemplo, un litro de aceite (quemado o gastado) de cocina llega a contaminar hasta 100 litros de agua. Además, está el hecho de que en el país 20 mil toneladas/día de basura no se recolecta.

### Huella hídrica

Otro ejemplo, referente al **consumo de agua**, lo constituye lo que se ha denominado como la huella hídrica de cada persona.

Una persona en México en promedio utiliza alrededor de 100 litros de agua al día para su consumo sanitario (ir al baño, cepillarse los dientes, lavarse las manos y ducharse), pero si consideramos la cantidad de agua que se necesita para proporcionarnos comida, vestido, transporte y uno que otro gusto, en promedio estamos utilizando 5 mil 420 litros diarios de agua ¡cada uno de los mexicanos!

Por ejemplo, para preparar un desayuno con una taza de café, dos huevos, un vaso de leche, un jugo y pan se requieren mil 150 litros de agua. Si pensamos en todas las personas que somos, la cantidad de agua que utilizamos también es estratosférica.

### Huella de carbono

La huella de carbono es una medida del impacto que las actividades humanas tienen en el **medio ambiente** en términos de la cantidad de gases de efecto invernadero producidas, se calcula en unidades de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y constituye la contribución que hacemos los humanos al cambio climático.

Nuestra propia huella de carbono está determinada por la cantidad de **combustibles fósiles** que se necesitan quemar para producir la energía que consumimos. Nuestro coche, la electricidad en nuestras casas, el gas con que calentamos el agua, pero no sólo eso, los productos que compramos tienen su propia huella de carbono.

Para que nosotros podamos tener un televisor nuevo en casa se queman combustibles en todo el proceso: para producir sus partes en diferentes fábricas, para transportar esas partes entre diferentes países, para ensamblarlo y para que llegue, finalmente, desde China quizá, hasta la tienda donde lo compramos.

Estar siempre a la moda, cambiar de celular, computadora, automóvil, etcétera, provoca **calentamiento global**. México se encuentra en el lugar número 11 como productor de CO<sub>2</sub> en el mundo y esto impacta directamente sobre el calentamiento global del planeta.





| Producto            | Recursos necesarios                                           |
|---------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1 tonelada de papel | 17 árboles medianos                                           |
|                     | 400 litros de aceite                                          |
|                     | 26,000 litros de agua                                         |
|                     | 4,000 kilowatts = consumo de una casa promedio por seis meses |
|                     | 2m <sup>3</sup> de basura                                     |

Un litro de aceite (quemado o gastado) de cocina llega a contaminar hasta 100 litros de agua.



Es ingeniero químico por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Su familia es su mayor logro personal.

En preparatoria se le dificultaba la Física, pero ahora le apasiona. Sus películas favoritas eran *El Cuervo* y *Gattaca*, ahora son *El señor de los anillos*, *Star Wars*, *Sucker Punch* y *Los guardianes de la galaxia*. Le gustaba el tochito y el básquet, ahora a veces juega básquet y fut, y le gusta el béis. Su platillo y postre favoritos eran las enchiladas y el arroz con leche de su abuelita, ahora le gustan las papas con chile y los cacahuates enchilados.

Entre sus lecturas predilectas están: *Cuando pienses vivirás*, *Tao de la Física*, *El Kybalión*, *Los cuatro acuerdos*, *La profecía Celestina*, *Tao Te King* y *Libro de la nada*. Nicolás Tesla es su científico favorito, admira a Buda y gusta de *El hombre araña*, el dragón de la serie *Merlín*, *Groot de los guardianes de la galaxia* y *Chimuelo (Furia Nocturna)* de *Cómo entrenar a tu dragón*.

Oliver Gutiérrez Lozano



# El patrimonio en la máquina del tiempo



Manuel Eduardo Espinosa Pesqueira

Las investigaciones científicas en torno al patrimonio cultural son fascinantes. Son una máquina del tiempo que prácticamente nos conecta con el pasado, presente y futuro de obras con un significativo valor arqueológico, histórico o artístico.



El patrimonio cultural se encuentra en todas partes. Se halla a tu alrededor. Se revela ante tus ojos cuando caminas por muchos lugares, a veces sin darte cuenta: en una plaza donde hay una escultura histórica, en calles donde se ubican edificios coloniales, dentro de iglesias muy antiguas, en museos que exhiben obras de arte, en las innumerables zonas arqueológicas, etc. Te lo encuentras durante un viaje y en tu propio barrio.

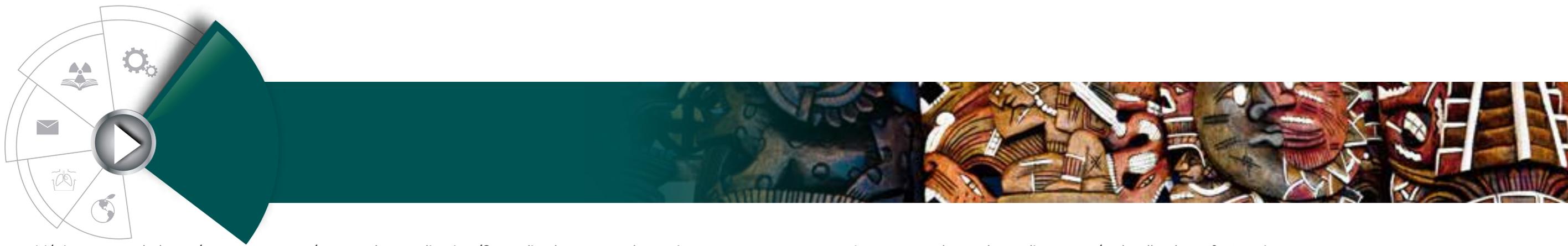
Muchas de las obras patrimoniales tienen cientos de años de haber sido creadas. Otras forman parte de nuestra historia más reciente. Su forma, tamaño y naturaleza no podría ser más variada, justo como el mosaico de pueblos que las crearon y que nos la han dejado como legado.

Comúnmente el patrimonio cultural se refiere a todas las manifestaciones culturales de un pueblo o de un país. En lo particular, son bienes materiales con un significado o valor arqueológico, histórico o artístico, que constituyen la **herencia** de una nación y, en gran medida, conforman su identidad.

El origen del legado patrimonial se halla en lo dejado por sociedades del pasado, mientras que su destino está en transmitirlo a las futuras generaciones. Por ello, conservarlo es una tarea de suma importancia para el presente.

El patrimonio cultural se refiere a todas las manifestaciones culturales de un pueblo o de un país.





México es uno de los países con mayor número y diversidad en su acervo cultural. Su patrimonio abarca múltiples materiales arqueológicos provenientes de culturas prehispánicas, pasando por obras creadas de época novohispana de los siglos XVI al XVIII, y también grandes expresiones artísticas del periodo moderno y contemporáneo correspondiente a los siglos XX y XXI.

Debido al paso del tiempo, la acción de agentes naturales y otros factores, este vasto legado patrimonial requiere de atención, protección y cuidado constante. Para ello, nuestro país cuenta con instituciones encargadas de su **preservación**, en cuyas filas se encuentran especialistas que se dedican de forma específica a conservar y restaurar bienes culturales, tales como: esculturas en piedra, documentos en papel, pinturas murales adosadas a edificios, textiles, metales, pintura, escultura, entre otros.

Las últimas dos décadas han sido testigos de un incremento significativo en la preocupación de comprender y, por tanto, estudiar nuestro patrimonio cultural. El interés se ha centrado en responder a tres **preguntas claves**: ¿cómo fueron creados estos bienes culturales? (técnica de manufactura), ¿en qué condición se encuentran hoy en día sus materiales constitutivos? (estado de conservación) y ¿cómo ciertas acciones lograron contribuir o no a su conservación? (evaluación de intervenciones).

Una vía fundamental para abordar estos cuestionamientos ha sido el análisis científico y, actualmente, se cuenta con múltiples experiencias

de estudio científico aplicado a casos de patrimonio cultural.

Ahora bien, las investigaciones científicas aplicadas al patrimonio cultural generalmente requieren introducirse en la estructura de la materia misma que constituye dichos bienes y ello se logra examinando a diferentes **escalas de observación**: la macroscópica, la microscópica, la nanoscópica y la atómica.

Los expertos en manejar la indagación científica a estas escalas son científicos de las áreas de la física y la química, quienes desarrollan y aplican metodologías de análisis e instrumentación de frontera para obtener respuestas a los cuestionamientos arriba mencionados.

Quizá no lo sepas, pero en México un gran número de estos estudios se han llevado a cabo en los Laboratorios de Microscopía Electrónica y Difracción de Rayos-X del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ). Nosotros ayudamos en la inspección, caracterización y diagnóstico de los bienes culturales, proporcionando conocimiento científico.

Te explicaré a grandes rasgos qué es lo que hacemos en el ININ, utilizando un ejemplo de una investigación reciente.

Un grupo de arqueólogos descubrió un artefacto durante una excavación en un sitio arqueológico, pero debido a que éste estaba cubierto por una gruesa capa de tierra y minerales, no era posible identificarlo.

Los restauradores al estudiar con más detalle el artefacto e intervenirlo descubren que es un anillo de aspecto metálico. Sin embargo, se plantean dos preguntas: ¿de qué metal está hecho el anillo? y ¿qué tan dañado está? Justamente aquí intervenimos los científicos del ININ.

Para iniciar comenzamos a examinar el anillo a través de un microscopio óptico estereoscópico —parecido al que has utilizado en el laboratorio de tu escuela en la clase de biología— para develar sus características generales. Esta observación reveló que el anillo por debajo de tierra presentaba una serie de capas: una de color verde-azul, otra color rojo brillante y, finalmente, la superficie del anillo color café.

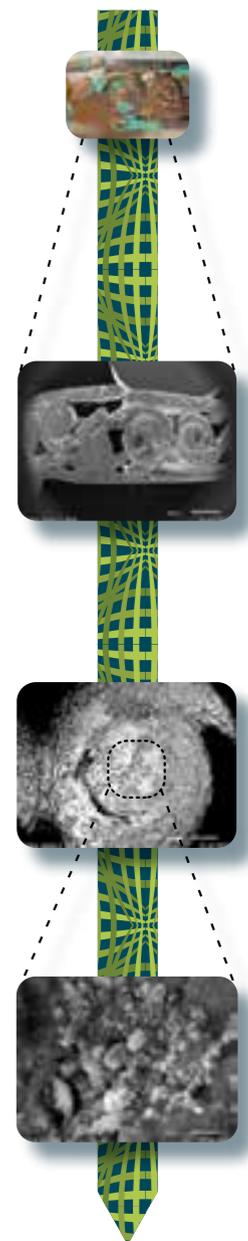
Para conocer la composición y la condición de estos estratos, el ININ propuso un análisis por Microscopio Electrónico de Barrido (conocido por sus siglas como MEB).

El MEB, al igual que el microscopio óptico como el que se utiliza en la clase de biología, tiene la función de magnificar y permitir la observación de uno o varios objetos. Sin embargo, tiene importantes diferencias, entre ellas, en lugar de luz utiliza como fuente de iluminación un **haz de electrones**.

La interacción de los electrones con la superficie de la muestra en estudio generan varias señales que son muy útiles en el estudio de los materiales: a) electrones secundarios que permiten estudiar la morfología del material, b) electrones retro dispersados que permiten analizar la topología en la superficie de la muestra y, por último, c) rayos X característicos que permiten identificar la composición química elemental de la muestra.

Después de someter al objeto en cuestión al análisis del MEB obtuvimos los siguientes resultados:

- Que el anillo está formado por cobre (Cu) y arsénico (As), es decir, de una aleación que muchos estudios científicos y arqueológicos han reportado como común en objetos prehispánicos elaborados en el área del estado de Michoacán.
- Que está cubierto por una capa firme, formada por un óxido de cobre muy estable, identificado como cuprita ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), un estrato protector denominado pátina, extensamente estudiado por restauradores y científicos.
- Que persisten restos de óxidos compuestos por sulfatos de cobre y cloruros de cobre, siendo los últimos muy activos, por lo cual son un riesgo para la preservación del anillo.



Fotografías: arqueólogos Juan Carlos Equihua y Julio Martínez B. Ronnimann.





# El lenguaje de la **pedra**



- Que en algunas zonas se presentan fracturas, fisuras y alta porosidad, pero que estos daños son menores.

Como puedes apreciar, el trabajo de investigación científica proporcionó información clave sobre la manufactura del anillo y su estado de conservación. Ello nos permitió viajar al pasado para conocer cómo fue creado el anillo en una época lejana: en el periodo postclásico 1,200 d.C. de la cultura Tolteca. Asimismo, nos permitió proporcionar un diagnóstico sobre su estado actual, información vital para que los restauradores pudiesen tomar decisiones sobre su intervención y favorecer su conservación futura. Así, la ciencia en el **presente** nos conecta con el **pasado** del patrimonio y también con su **futuro**. ¿No te parece fascinante esta máquina del tiempo?

### Agradecimientos

Arqueólogo Juan Carlos Equihua, director del Proyecto Arqueológico El Salitre, doctora Josefina Bautista (DAF-INAH), doctora Isabel Medina González, directora del proyecto de Conservación Integrada del Complejo Arqueológico El Salitre (ENCRYM-INAH), restauradora Karla Martínez y química Luz López Meneses, ambas de la ENCRYM-INAH.

Las investigaciones científicas aplicadas al patrimonio cultural generalmente requieren introducirse en la estructura de la materia misma que constituye dichos bienes, y ello se logra examinando a diferentes escalas de observación: la macroscópica, la microscópica, la nanoscópica y la atómica.



**María Dolores Tenorio**

La tecnología nuclear al servicio de la arqueología. Descubre cómo se relaciona la obsidiana con los neutrones producidos en la fisión nuclear.



ARTE

Por sus cualidades físicas, la obsidiana fue tal vez la materia prima más importante para los antiguos mesoamericanos, no sólo en las actividades cotidianas sino también en las políticas y religiosas.

Algunos arqueólogos han comparado la importancia de la obsidiana en el mundo prehispánico al que tienen el petróleo y el acero en la actualidad.

Las poblaciones prehispánicas que controlaban yacimientos de obsidiana tenían poder económico, político y religioso.

La obsidiana es un vidrio natural de origen volcánico que se produce por el rápido enfriamiento de la lava volcánica y tiene un alto contenido de sílice y aluminio.

La energía nuclear, por otra parte, es aquella que se libera espontánea o artificialmente en las reacciones nucleares como en la fisión del uranio-235. Además estas reacciones van acompañadas de la producción de neutrones (partículas sin carga) de diferentes energías.

El lector se preguntará cómo se puede relacionar la obsidiana con los neutrones producidos en la fisión del uranio-235.

La obsidiana tiene una característica muy importante: su composición química no se altera con el paso del tiempo. Y esta composición es **rasgo particular** de cada obsidiana que proviene del mismo suceso volcánico, por lo que se podría comparar con la **huella digital** de cada ser humano, que es única e irreplicable.

Valiéndonos de esta característica, si encontramos una obsidiana en algún sitio arqueológico y comparamos su huella digital con las de aquellas de los yacimientos de obsidiana ¡Eureka! estamos en posibilidad de conocer de dónde proviene esa obsidiana y con esto podemos deducir las redes de comercio en el mundo prehispánico.

La determinación de la **composición elemental** de la obsidiana se lleva a cabo en el Centro Nuclear de México "Dr. Nabor Carrillo Flores", sede del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), ya que contamos con un reactor nuclear de investigación,



La obsidiana tiene una característica muy importante: su composición química no se altera con el paso del tiempo.



Estudió Ingeniería Química en la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Doctorado en Ciencia de Materiales en la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM).

Curiosamente en prepa se le dificultaba la química. Su película favorita era *Blade Runner* de Ridley Scott y ahora lo es *El gran Hotel Budapest* de Wes Anderson. Jugaba muchísimo béisbol y ahora le apasiona escalar en roca. Gusta de las novelas históricas y uno de sus escritores favoritos es Christian Jacq. Admira a José Clemente Orozco y Carl Sagan.

**Manuel Eduardo Espinosa Pesqueira**





que para fines prácticos podríamos considerar como una **fábrica de neutrones**.

Al colocar una muestra de la obsidiana en el flujo de neutrones, los núcleos de los elementos de la muestra se activan, esto significa que adquieren energía debido a que los núcleos no están contentos en ese estado excitado, por lo que tienden a perder esa energía emitiendo diferentes partículas y radiaciones. A nosotros lo que nos interesa es detectar la **radiación gamma** (paquetes de fotones), pues el valor energético de la radiación gamma es característico de cada elemento, por lo que podemos identificar y calcular la cantidad que hay de cada uno de los elementos de interés en las muestras.

Una vez determinadas los valores de las concentraciones elementales (huellas digitales), se lleva a cabo un estudio estadístico, comparando las huellas digitales de las obsidias analizadas con las de los yacimientos de obsidiana reportados en la bibliografía existente y de esta forma podemos conocer de dónde provienen las muestras de obsidiana analizadas.

Pongamos un ejemplo: en el estado de Puebla se encuentra un sitio arqueológico llamado **Cantona**, que está ubicado en una región donde se dio lugar un gran derrame de lava a la que se ha denominado “Malpaís” y que ha sido asombroso tanto de visitantes nacionales como extranjeros.



Vale la pena recordar a nuestros lectores que las zonas arqueológicas son una expresión de nuestro pasado, que muestran el comportamiento y las acciones sociales de las comunidades que nos precedieron.

Los sitios arqueológicos son estudiados para entender el **lenguaje** de la piedra y así poder conocer cómo se vivía y qué acontecimientos ocurrieron en esos lugares hace miles de años.

Cantona aparece a los ojos de los observadores como un ejemplo extraordinario de cómo vivían los antiguos grupos humanos en el territorio mexicano y de cómo transformaron totalmente el terreno de lava volcánica sobre el que habitaron. Tan solo con observar este espacio arqueológico puede entenderse por qué Cantona está considerada como el asentamiento prehispánico con el máximo grado de urbanización de toda Mesoamérica.

Al visitar Cantona encontrarás en su museo de sitio algunas objetos pequeños de vidrio, generalmente de color oscuro, pero también dorado, gris o rojizo. Ese material es obsidiana.

El arqueólogo García-Cook, quien ha explorado por varias décadas el sitio de Cantona, nos confió una serie de enseres prehispánicos de obsidiana, para determinar su procedencia.

La tarea que se nos encargó a los investigadores del ININ, en este grupo interdisciplinario de trabajo, fue determinar los valores de la cantidad de los elementos denominados “huellas digitales”, utilizando para ello nuestra fábrica de neutrones, que es nuestro reactor nuclear.

Las muestras de obsidiana se prepararon para irradiarlas en el reactor y una vez irradiadas detectar la radiación gamma con un sistema electrónico.

Los elementos detectados fueron los siguientes: escandio, hierro, rubidio, antimonio, cesio, lantano cerio, europio iterbio, lutecio torio y uranio.

De cada uno de dichos elementos se determinaron sus cantidades presentes en la obsidiana.

Y una vez determinados esos valores se utilizó un programa de cómputo, que agrupa los valores de la composición química de las obsidias y los compara con los de los yacimientos de obsidiana documentados en la bibliografía existente.

De acuerdo con estos resultados se dedujo que las obsidias de la ciudad prehispánica Cantona provienen de dos yacimientos: Zaragoza-Oyameles, de donde procede la mayor cantidad de utensilios de obsidiana y que se encuentra a escasos siete kilómetros, y Cerro Pizarro.

De acuerdo con los resultados obtenidos se confirma la hipótesis de que la población de Cantona empleó este yacimiento para manufacturar una cantidad considerable de objetos de obsidiana, ya que éstos se han hallado en otros lugares más alejados de Cantona.

Este tipo de análisis sólo se puede realizar en el ININ, ya que la infraestructura con que cuenta esta institución es única en México.



Tubo de acceso al SIRCA (Sistema de Irradiación Rotatorio de Cápsulas) donde se introducen las muestras de obsidiana para irradiarlas con neutrones.

Es licenciada en Química por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) y doctora en Ciencias Físicas por la Universidad Louis Pasteur de Estrasburgo, Francia. Entre sus logros personales están sus hijos, que describe como personas honestas, de buen corazón y productivas para la sociedad.

Cuando iba a la preparatoria practicaba la caminata, ahora hace natación y pilates. Su platillo favorito son los chiles en nogada y siempre le han gustan los muéganos poblanos. En su juventud *Los caifanes* fue su película favorita, ahora es *Monsieur Batignole*. *La hojarasca* de Gabriel García Márquez es su libro favorito. Admira a la doctora Silvia Bulbulián —quien fue de las mujeres fundadoras del Centro Nuclear y entregó gran parte de su vida a la ciencia, y a la formación de recursos humanos.



María Dolores Tenorio



# Irradiación gamma y su energía purificadora

**Edith Hernández**

Un montón de productos, artículos y materiales que consumimos y utilizamos cotidianamente son sanitizados y esterilizados de microorganismos a través de una tecnología nuclear de la misma naturaleza que la luz, pero de mayor energía y poder.



INDUSTRIA

En la antigüedad, los sabios sostenían que la existencia consistía fundamentalmente en dos formas de vida: las **plantas** y los **animales**.

Más adelante, gracias a la invención del microscopio en el siglo XVII, otra forma de vida fue reconocida: la microscópica.

La existencia de los **microorganismos** en la Tierra data desde hace 3.8 millones años.

Un hecho muy importante es que no solamente los animales y las plantas han dejado restos de su existencia, como los fósiles, sino que las bacterias, aunque pequeñas, también han marcado la huella de su pasado en nuestro planeta.

Los microorganismos, como las bacterias, los hongos y las levaduras pueden encontrarse en cualquier parte: en el aire, en el agua, en el suelo e incluso en nosotros mismos.

Algunos son benéficos para nosotros, pero otros pueden enfermarnos. Por ejemplo, las bacterias de E.coli o la Salmonella que pueden encontrarse en los alimentos que consumimos.

La radiación gamma es energía en forma de ondas electromagnéticas, tal como lo son las microondas, las ondas de radio o los rayos X, esta radiación por su alto poder de penetración en la materia tiene la capacidad de romper las cadenas del ADN de las células; esta propiedad se ha aprovechado para la eliminación de microorganismos patógenos para el hombre presentes en diferentes productos.

Con el propósito de extender la vida de anaquel de los alimentos, y eliminar **insectos, parásitos**

y **bacterias** presentes en ellos, así como en otros muchos productos de consumo y aprovechamiento humano, la Planta de Irradiación Gamma del Instituto de Investigaciones Nucleares (ININ) ha brindado este importante servicio por más de 35 años.

Entre los productos que actualmente se procesan se pueden encontrar los siguientes: chiles deshidratados, canela, condimentos, saborizantes y colorantes; remedios herbolarios para la preparación de té o infusiones; materiales veterinarios, como vacunas y medicamentos; artículos de uso médico, como jeringas, guantes, bisturís, suturas, medicamentos; así como cosméticos y artículos de higiene personal, entre otros.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) apoyan y respaldan el uso de esta tecnología.

Los gobiernos de cada país, como Canadá, Estados Unidos, México, Brasil, Chile, Argentina, Perú, India y China, entre otros, cuentan con regulaciones y normativas propias sobre las dosis de radiación aplicadas a los diferentes alimentos y materiales.

Es importante aclarar que los productos y materiales por irradiar nunca entran en contacto con el material radiactivo (Cobalto 60), solamente reciben la energía de los rayos gamma, de manera similar a un foco cuyo filamento incandescente nunca está en contacto con el medio ambiente, pero su luz atraviesa el bulbo que lo contiene. Tampoco es necesario sacar al producto de su empaque.

Además de contribuir al desarrollo de las industrias correspondientes, tanto a productores como a fabricantes y/o procesadoras de los productos antes mencionados, aún queda un largo trayecto por recorrer en el campo de la investigación de la irradiación, lo cual representa un reto para el ININ. En la infografía que te presentamos a continuación encontrarás algunos temas de interés en este ámbito.



Es química farmacéutica bióloga, egresada de la Universidad Autónoma de Estado de México (UAEM), y concluyó la Maestría en Seguridad e Higiene Ocupacional, en la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), con el mejor promedio de su generación.

Cuando iba a la preparatoria practicaba natación y futbol de sala, ahora sigue practicando la natación y le gusta mucho correr al aire libre acompañada de su perro. Su platillo favorito es el mole amarillo y en general le gustan todos los postres, pero su favorito es la gelatina de zanahoria que hace su abuelita. Uno de los libros que más le inspiran en la vida es *Después del día 10*, de Carlitos Páez. Cuando era pequeña quería ser como los X-Men, pero ahora admira a Lise Meitner, la física nuclear austriaca que investigó la radiactividad.

Edith Hernández





# Al servicio de la **calidad**



 **INDUSTRIA**

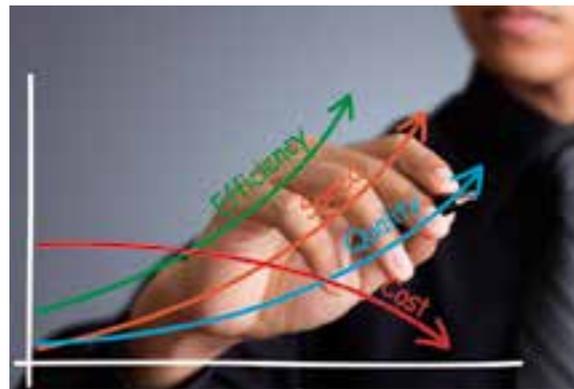
**Edwina E. García Hernández**

La tecnología nuclear resulta de mucha utilidad para evaluar la calidad de equipos y componentes que se utilizan en diversas industrias, como la automotriz, la aeroespacial, la de construcción y la petroquímica, entre otras.



Los **productos** son bienes tangibles que poseen ciertas características que les son propias y que satisfacen las necesidades de los consumidores a los que van dirigidos. Además, son la consecuencia de un proceso de fabricación, a través del cual ciertos materiales o materias primas se transforman en una mercancía.

En la fabricación de equipos y componentes se debe asegurar la calidad desde su diseño, dado que debe estar orientado a satisfacer las necesidades de su aplicación. Adicionalmente, es de vital importancia el proceso de fabricación del mismo y los controles aplicados para vigilar la calidad de su producción.



A principios de 1994, al entrar en vigor el Tratado de Libre Comercio (TLC) de América del Norte entre Estados Unidos, Canadá y México, nuestro país se incorpora de manera definitiva al proceso de **globalización**, es decir, de mercados compartidos que antes eran dominados por un reducido grupo de fabricantes y prestadores de servicios.

A partir del TLC se genera como un gran requerimiento la calidad de los productos, y son los clientes y consumidores los que definen a las empresas que serán líderes y las que saldrán del mercado. De aquí la importancia del control de calidad del equipo fabricado. Los sistemas de **calidad total** incluyen desde el diseño hasta el término de la vida útil del equipo.

La calidad del equipo se refiere al conjunto de propiedades inherentes al mismo, que le confieren la capacidad para satisfacer necesidades implícitas o explícitas. Para hacer efectivas estas cualidades, con el desarrollo de la industria se han establecido controles de calidad.

Así, México abrió sus puertas a productos extranjeros que compiten ahora con los productos mexicanos en el mercado nacional. Es por ello que la estructura de calidad es la base para la **competencia** por los mercados, tanto nacionales como internacionales.

Los objetivos de la calidad pueden ser considerados desde diferentes puntos de vista. Por una parte, se busca la completa satisfacción del usuario del equipo; por otra, se pretende lograr la máxima productividad, con el fin de generar mayores utilidades o bien alcanzar un grado de excelencia o cumplir con un requisito para permanecer en el mercado.

Con la finalidad de que los equipos o componentes satisfagan los requisitos técnicos y de aplicación exigidos por los usuarios o clientes, los fabricantes —adicionalmente a sus acciones

de control de calidad— someten sus productos a **evaluaciones** externas, consistentes en pruebas y ensayos que se realizan de acuerdo con normas nacionales (NOM y NMX) o internacionales (ASME, ANSI, ASTM, IEEE, etcétera), para verificar que sus productos cumplen con los criterios de aceptación establecidos.

Las pruebas o ensayos de evaluación son específicos para cada parámetro que se mide en el equipo o componente. Por ejemplo, pueden aplicarse pruebas eléctricas, químicas, físico-químicas, térmicas, etcétera, para determinar parámetros, tales como: resistencia de aislamiento, descargas parciales, termografía, calidad de la energía, efecto corona, compatibilidad electromagnética, determinación de gases disueltos en el aceite de transformadores por medios ópticos.

Las pruebas de evaluación se utilizan en una gran variedad de equipos y componentes de uso industrial. Por ejemplo: industria automotriz (motores, chasis), industria aeroespacial y aviación (motores a reacción, naves espaciales),

construcción (ensayos de integridad en pilotes y pantallas, estructuras y puentes), manufactura (partes de máquinas), ingeniería nuclear (vasijas a presión), petroquímica (transporte por tuberías, tanques de almacenamiento).

Los equipos y componentes de aplicación nuclear, que están instalados en sistemas relacionados con la seguridad en una planta nucleoelectrica, deben ser calificados para demostrar mediante pruebas o análisis que su diseño, fabricación y funcionamiento cumplen con las especificaciones técnicas establecidas por la planta.

La calificación evalúa la vida útil de los equipos, bajo las condiciones normales y anormales de operación de la planta (temperatura, presión, humedad, radiación, etc.). Sus pruebas princi-

La estructura de calidad es la base para la competencia por los mercados, tanto nacionales como internacionales.



Inspección de instalaciones para pruebas con vapor sobre calentado para calificación de equipos con aplicación nuclear.





# Gestión del conocimiento nuclear



pales comprenden: inspecciones visuales y pruebas de funcionamiento, envejecimiento térmico acelerado, ciclos mecánicos/eléctricos, exposición a la radiación gamma, pruebas en condiciones severas de vapor.

El Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) cuenta con un Laboratorio de Calificación de Equipo, único en su tipo en México, donde se realizan estas pruebas para la Central Nuclear Laguna Verde. Además, por la experiencia e infraestructura desarrolladas en calificación, también se realizan diversas pruebas de evaluación de equipos y componentes de uso industrial, aplicando procedimientos basados en normativa técnica específica nacional e internacional y bajo el sistema de calidad establecido por el propio Instituto.



Pruebas fisicoquímicas para la industria convencional bajo un sistema de calidad.



Vicente Xolocostli Munguía

La gestión del conocimiento nuclear constituye un proceso que demanda del compromiso y acciones de múltiples personas e instituciones.



Los fabricantes —adicionalmente a sus acciones de control de calidad— someten sus productos a evaluaciones externas, consistentes en pruebas y ensayos que se realizan de acuerdo con normas nacionales o internacionales.



Estudió Ingeniería Química en la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Entre sus logros profesionales está el haber participado en el Grupo de Plantas Nucleoeléctricas del ININ, bajo la dirección del ingeniero Roberto Mendiola, para iniciar los primeros servicios a la Central Nuclear Laguna Verde, así como en el proyecto para construir el Laboratorio de Calificación de Equipo con apoyo del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

En la Vocacional se le dificultaban las materias de Biología y de Dibujo Técnico. Le gustaba correr y jugar tenis, ahora hace caminata. Sus películas favoritas son *Dr. Zhivago* y *Cinema Paradiso*. El platillo que más le gusta es el salmón al cítrico y su postre predilecto es el pastel de chocolate. Sus autores favoritos son Pablo Neruda, Mario Benedetti y Osho. Sus personajes favoritos son Isaac Newton, Alejandro Graham Bell y los primeros astronautas que fueron a la Luna.

Edwina E. García Hernández

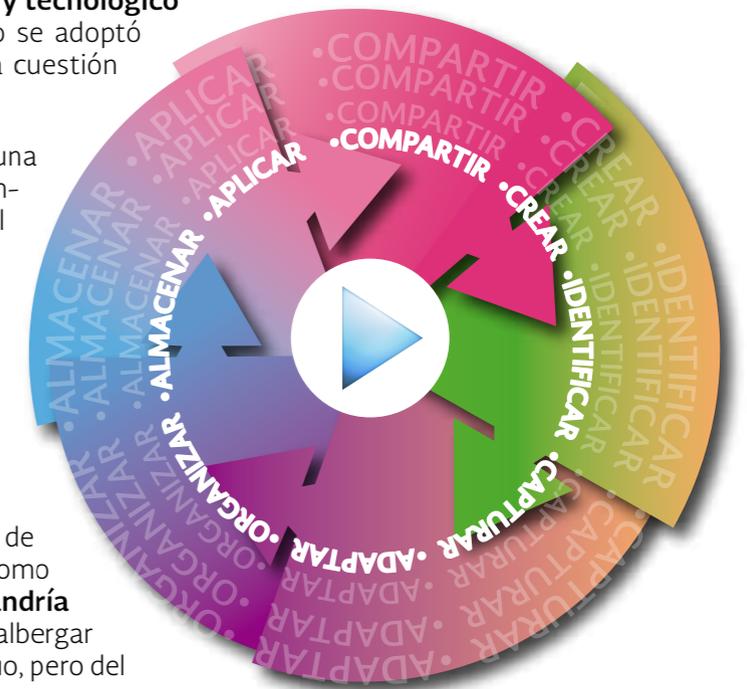
“El conocimiento es experiencia, todo lo demás sólo es información.”  
Albert Einstein

La gestión del conocimiento es un término que se empezó a utilizar a mediados de los años 90. Primero, con un enfoque empresarial referido al cambio organizacional implementado como **proceso**, con el propósito de conservar y orientar las competencias claves de las organizaciones al desarrollo de productos y servicios con alto **valor científico y tecnológico** agregado. Con el tiempo, este término se adoptó en todos los ámbitos, sobre todo en la cuestión científica y tecnológica.

Se tienen muchas definiciones, pero una de las más completas y fácil de comprender es la siguiente: “La gestión del conocimiento es crear, adquirir, retener, mantener, utilizar y procesar el conocimiento antiguo y nuevo ante la complejidad de los cambios del entorno, para poder poner al alcance de cada usuario la información que necesita en el momento preciso para que su actividad sea efectiva”.

Para darnos una idea de la importancia de la gestión del conocimiento, tomemos como ejemplo la gran **Biblioteca de Alejandría** (fundada en el siglo III a. C.) que llegó a albergar el mayor conocimiento del mundo antiguo, pero del cual no quedó prácticamente nada. Tuvieron que pasar cientos de años para que ese conocimiento se redescubriera, hasta lo que fue el Renacimiento.

Hoy en día, un número cada vez más creciente de instituciones, organizaciones e industrias del mundo están asumiendo estrategias para la implementación de metodologías de gestión del





La preservación y mejoramiento del conocimiento nuclear es vital para el uso continuo, sostenible y seguro de todas las tecnologías nucleares con propósitos pacíficos.

conocimiento. Es el caso de la **gestión del conocimiento nuclear** (NKM, por sus siglas en inglés) que ha tenido un notable desarrollo, producto del conocimiento acumulado, sin el cual hoy no sería posible gozar de sus beneficios en distintos ámbitos de nuestra vida.

El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), sus estados miembro e instituciones nucleares de todo tipo (proveedores de tecnologías, reguladores, plantas nucleares, gobiernos, academias, centros de investigación, etc.) reconocen que la preservación y mejoramiento del conocimiento nuclear es vital para el uso continuo, sostenible y seguro de todas las tecnologías nucleares con propósitos pacíficos.

La creación de redes regionales como la Red Asiática para la Seguridad Nuclear (ANSN) y la Red Iberoamericana de Seguridad Radiológica constituyen experiencias de **redes de conocimiento** que promueve el OIEA con la participación de sus estados miembros.

La misión de las redes es promover, preservar y difundir la educación y la capacitación nuclear, así como fomentar la gestión del conocimiento del área nuclear. Dentro de las redes de capacitación y educación en ciencias y tecnología nucleares, el OIEA ha apoyado su creación en Europa (ENEN), Asia (ANENT), Latinoamérica (LANENT) y África (AFRA NEST). En México contamos con la Red Mexicana de Educación, Capacitación e Investigación Nuclear (REMECIN) y se tiene una participación activa dentro de Red Latinoamericana para la Educación y la Capacitación en Tecnología Nuclear (LANENT).

Otro de los factores clave en la gestión del conocimiento es contar con profesionales en cada una de las áreas de especialización nuclear dedicados al área de la gestión del conocimiento nuclear. De ahí que la **formación de recursos humanos** resulta imprescindible en la gestión del conocimiento nuclear.

Como parte del entrenamiento de profesionales en el área de gestión del conocimiento nuclear, el OIEA en coordinación con el ICTP Abdus Salam (con sede en Trieste, Italia) llevan a cabo anualmente el seminario-taller de Gestión del Conocimiento Nuclear, para que puedan implementar un programa de gestión del conocimiento en sus respectivos países.

El ININ mantiene una participación muy activa tanto a nivel nacional como internacional en REMECIN como en LANENT. Un colaborador del ININ es el presidente actual de REMECIN. Además

por parte del Departamento de Promoción y Divulgación Científica del Instituto se ha estado innovando en la difusión, divulgación, comunicación y promoción de la ciencia nuclear y sus aplicaciones (tal es el caso de la elaboración de esta revista, por ejemplo).

Hoy en día, un número cada vez más creciente de instituciones, organizaciones e industrias del mundo están asumiendo estrategias para la implementación de procesos de gestión del conocimiento.



Se licenció en Ingeniería Mecánica-Eléctrica por la Universidad Veracruzana, zona Xalapa. Obtuvo el grado de Maestría en Ciencias con especialización en Ingeniería Nuclear, distinguiéndose con el mejor promedio, por el Instituto Politécnico Nacional (IPN).

Su película favorita es *El Padrino*. Gusta de salir de viajes y acampar. Le encantan los tacos al pastor y la tarta de elote con helado de vainilla. Le fascina la historia universal y de México, así como los libros de ficción, entre los que destaca, *Las crónicas marcianas* de Ray Bradbury, que es su escritor favorito. En la ciencia admira a Nikola Tesla y Albert Einstein, y en la música a John Lennon con su canción "Imagine".

Actualmente colabora en el Departamento de Sistemas Nucleares del ININ y es el representante de México en la Red Latinoamericana para la Educación y la Capacitación en Tecnología Nuclear (LANENT).



Vicente Xolocostli Munguía



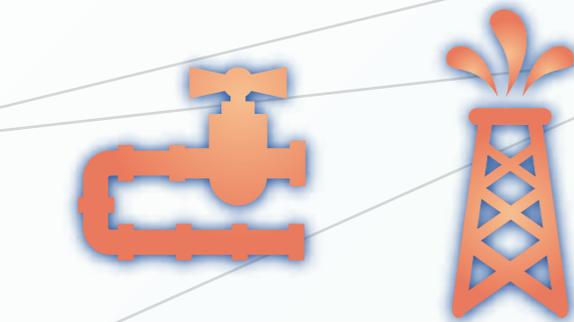
Actualmente (julio de 2015), hay **438 reactores nucleares en operación** en el mundo (en 30 países). La energía nuclear que generan es alrededor del **11% de la electricidad** en el mundo, y se genera **sin producir gases de efecto invernadero**.



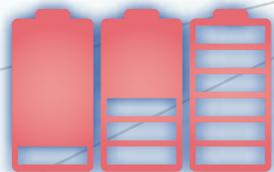
# ENERGÍA NUCLEAR LIMPIA Y EFICIENTE



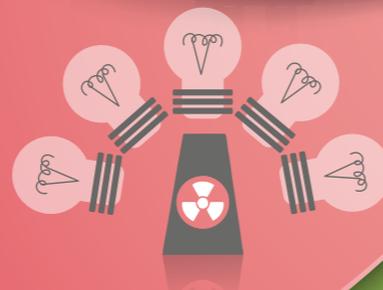
Armando Miguel Gómez Torres



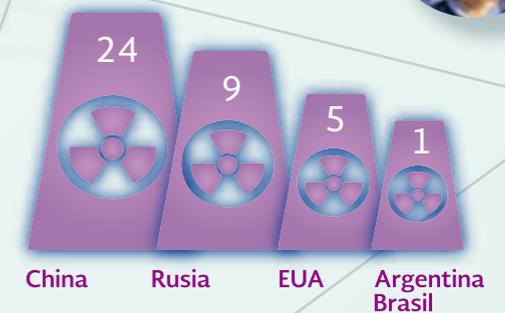
Si no hubieran plantas nucleares, anualmente **se producirían aproximadamente 2 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub> adicionales** (si se usara combustible fósil [carbón, gas natural, petróleo, etc.] en vez de plantas nucleares).



Las plantas nucleares pueden generar electricidad de manera continua por muchos meses (hasta 18) sin interrupción, a esto se le llama **generación de electricidad de carga base**.



Reactores en **construcción** en el mundo.



Una simple pastilla de uranio (1 cm de diámetro por 1 cm de altura) contiene tanta energía como:



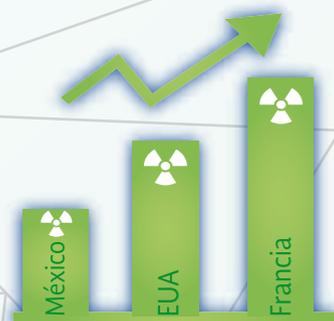
480m<sup>3</sup>  
gas natural



807 kg  
carbón



149 g  
petróleo



En 2014, con **58 reactores nucleares**, Francia produjo el **76.9% de su electricidad**, Estados Unidos con 100 reactores generó el 19.5% y **México con dos reactores nucleares (Central Nuclear Laguna Verde) el 5.6% de su electricidad**.



Referencias:

[www.iaea.org/PRIS/home.aspx](http://www.iaea.org/PRIS/home.aspx)  
[www.world-nuclear.org/Nuclear-Basics/](http://www.world-nuclear.org/Nuclear-Basics/)



## 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



[www.inin.gob.mx](http://www.inin.gob.mx)  
Sección vinculación



ININmx



@inin\_mx



instituto nacional de  
investigaciones nucleares