- 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.

Manuel Eduardo Espinosa Pesqueira

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.

El lenguaje de la piedra

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 irrepetible.

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.

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 obsidianas 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 asombro 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 obscuro, 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 obsidianas y los compara con los de los yacimientos de obsidiana documentados en la bibliografía existente.

De acuerdo con estos resultados se dedujo que las obsidianas 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

INDUSTRIA

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.

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.

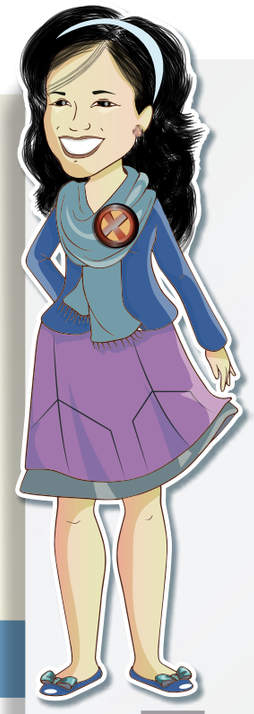
Entre los productos que actualmente se procesan se pueden encontrar los siguientes: chiles deshidratados, canela, condimentos, saborizantes y colorantes; remedios herbolarios para la preparación de tés o infusiones; materiales veterinarios, como vacunas y medicamentos; artículos de uso médico, como jeringas, 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

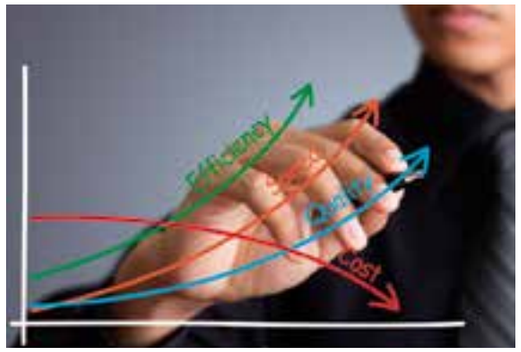
Al servicio de la calidad

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.



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.

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.

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.

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.

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, físicoquímicas, 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 nucleoeléctrica, 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.