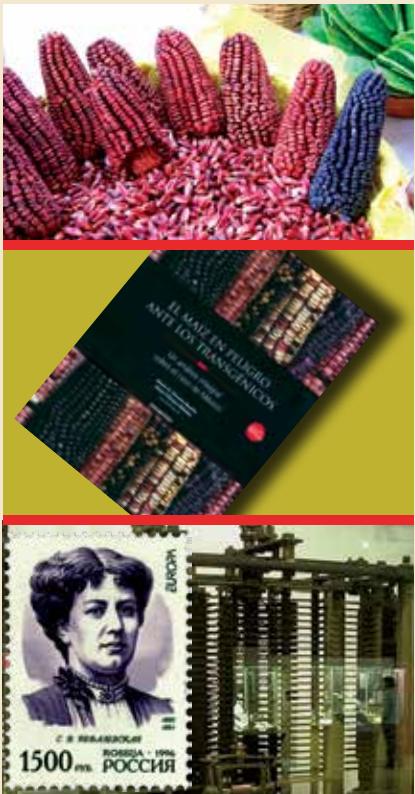


• Laboratorio de Espectrometría de Masas con Aceleradores



unam
donde se construye el
futuro



- 3 Editorial
- 4 Reporte especial
¿Por qué no a los transgénicos?
Yassir Zárate Méndez
- 7 Reseñas
El maíz en peligro ante los transgénicos. Un análisis integral sobre el caso de México
Sandra Vázquez Quiroz
- 8 Historia de la ciencia
Mujeres científicas del siglo XIX
Yassir Zárate Méndez

Asómate a la ciencia 10
La ventaja de contar átomo por átomo: Laboratorio de Espectrometría de Masas con Aceleradores
 Sandra Vázquez Quiroz

Ventana universitaria 12
Cartílago y meniscos de laboratorio en el CFATA
 José Antonio Alonso García

Perfiles 14
Teoría y experimentación: unión indisoluble. Claude Thions
 Alicia Ortiz Rivera

A ver si puedes
 Alejandro Illanes Mejía

El faro avisa



UNAM

Dr. José Narro Robles

Rector

Dr. Eduardo Bárcena García

Secretario General

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez

Secretario Administrativo

Dr. Carlos Arámburo de la Hoz

Coordinador de la Investigación Científica**El faro, la luz de la ciencia**Patricia de la Peña Sobarzo
DirectoraYassir Zárate Méndez
Supervisor editorialSandra Vázquez Quiroz,
Víctor Manuel Hernández Correa,
Óscar Peralta Rosales,
José Antonio Alonso García y
Alicia Ortiz Rivera
ColaboradoresPaola Andrea Moreno Franco y
Víctor Manuel Hernández Correa
Diseño gráfico y formación

El faro, la luz de la ciencia, es una publicación mensual (con excepción de los meses de julio-agosto y diciembre-enero) de la Coordinación de la Investigación Científica. Oficina: Coordinación de la Investigación Científica, Circuito de la Investigación, Ciudad Universitaria, 04510 México, D. F., teléfono 5550 8834. Certificado de reserva de derechos al uso exclusivo del título, en trámite. Impresión: Reproducciones Fotomecánicas, S.A. de C.V., Duraznos No. 1, Col. San José de las Peritas. Delegación Xochimilco, México, D.F. Tiraje: 5,200 ejemplares. Distribución: Coordinación de la Investigación Científica, 1er piso, Ciudad Universitaria. **Prohibida la reproducción parcial o total del contenido, por cualquier medio impreso o electrónico sin la previa autorización.**

boletin@cic.unam.mx**Síguenos en:**

Boletín El faro UNAM



@Elfarounam

Nuestra portada

Vista del Laboratorio Nacional de Espectrometría de Masas con Aceleradores, ubicado en el Instituto de Física de la UNAM. Foto: Sandra Vázquez.

**Editorial**

Origen de la bioseguridad nacional

El Protocolo de Cartagena sobre seguridad biotecnológica regula el movimiento transfronterizo de organismos vivos modificados entre los países que lo suscriben. El pacto data de 1995 y para el año 2000 su contenido fue adoptado como un acuerdo suplementario del Convenio sobre Diversidad Biológica. México ratificó el Protocolo por mandato del Senado de la República en 2002, para que entrara en vigor el 11 de septiembre de 2003.

Para dar seguimiento a los acuerdos firmados en ese entonces, el gobierno de México creó la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM), un ente del Ejecutivo federal que al más alto nivel se encarga de establecer las políticas relacionadas con el uso seguro de los organismos genéticamente modificados (OGM). La CIBIOGEM cuenta con representantes de las secretarías de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Medio Ambiente y Recursos Naturales; Salud; Educación Pública; Hacienda y Crédito Público; y Economía, además del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

En mayo de 2008, la CIBIOGEM instruyó a los titulares de la comisión a establecer y mantener una red de monitoreo de OGM, la cual responde a las necesidades de monitoreo y evaluación que deben atenderse en un país mega-diverso, centro de origen de especies importantes para muchos ecosistemas de México, ante nuevas alternativas agroindustriales derivadas de avances biotecnológicos.

La CIBIOGEM constituye una herramienta de apoyo para ponderar con el suficiente sustento científico los efectos que organismos vivos modificados pudieran tener sobre la salud humana o el medio ambiente, la sanidad vegetal o la acuática; además, es útil para la toma de decisiones en cuanto al manejo adecuado y el cumplimiento de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, que atiende el control y manejo de posibles riesgos derivados de las actividades con OGM, mediante una evaluación previa de dichos riesgos y el monitoreo posterior a su liberación.

Sin embargo, a pesar de los recursos y las instancias creadas para evitar afectaciones y conocer el estatus nacional de los organismos genéticamente modificados, Ignacio Chapela, ecólogo y microbiólogo de la Universidad de California en Berkeley, y uno de sus discípulos, David Quist, hicieron un descubrimiento que desmentía uno de los principales supuestos de la biotecnología genética del maíz. En diciembre de 2001, la revista *Nature* divulgó su estudio en el que se evidenciaba la presencia de transgenes en cultivos de maíz de la Sierra Norte de Oaxaca, uno de los centros de origen en territorio nacional, muy lejos de los sitios donde se experimentaba con esos productos. Años más tarde se encontraron en sembradíos de Guanajuato y Yucatán.

Por ello es importante mantenerse al tanto de las actividades agroindustriales y de investigación en ese tema, pues los organismos genéticamente modificados llegaron para quedarse. Este número toca el tema del maíz, planta que forma parte de la identidad nacional, su transgén y su relevancia en la soberanía y autosuficiencia alimentaria de México.

El faro



¿Por qué no a los Transgénicos?

Reporte especial

El maíz juega un papel fundamental en la vida de millones de mexicanos; no puede ni debe ser reducido a un simple alimento, una mercancía, un insumo o la materia prima de productos tan diversos como artesanías y medicamentos.

A lo largo de los miles de años que ha durado la relación entre los mesoamericanos y el maíz, se ha forjado un vigoroso signo de identidad, que también funciona como un eficaz cohesionador social y un catalizador económico. El maíz está en la boca de millones de personas, pero también en sus casas, en sus parcelas y hasta en su vestimenta y adornos; es la raíz y el corazón de nuestra cultura.

La tierra del maíz

México es el centro de origen y diversificación de este cereal, cuyo consumo representa 53% de la ingesta calórica y 39% de la proteínica de la población del país, de acuerdo con la Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad (UCCS), a la que pertenece la doctora Elena Álvarez-Buylla Roces, investigadora del Instituto de Ecología (IE) de la UNAM.

La domesticación a partir de una especie muy similar al teocintle actual ha dado origen a unas 40 a 60 razas, con miles de variedades que se siembran, crecen y se cosechan a lo largo y ancho de la geografía nacional; se trata de un cultivo que se ha adaptado a los más variados terrenos y climas, y es el

alimento básico de México, con todas las implicaciones culturales que esto tiene.

Más de dos millones de campesinos se dedican al cultivo de maíz, que ocupa poco más de ocho millones de hectáreas, es decir, casi la mitad de la superficie agrícola de México. Un detalle significativo es que en 85 de cada 100 parcelas menores a cinco hectáreas se opta por esta gramínea.

Otro dato relevante: en 1,847 municipios del país es la siembra preponderante; se estima que ocho de cada diez productores tienen preferencia por este cereal. Esta agricultura campesina aporta la mayor parte de la producción de maíz para consumo humano.

La labranza tradicional del grano ayuda a las comunidades a mantener su identidad; refuerza lazos y preserva usos, tradiciones y costumbres. Para completar el cuadro, en el caso de la milpa, aporta ventajas ambientales y nutricionales para sus cultivadores.

Pero toda esta riqueza natural y cultural está en riesgo ante la posibilidad de que el gobierno mexicano autorice la siembra comercial de maíces transgénicos, ante la presión que han ejercido empresas transnacionales que quieren explotar el mercado nacional de semillas, que representa ganancias de miles de millones de pesos.

Hasta hace poco tiempo, los únicos maíces transgénicos que habían crecido en suelo mexicano no habían estado contenidos en



campos experimentales, aunque una serie de medidas tomadas por el gobierno federal, abrió la posibilidad de la introducción de las semillas transgénicas, lo que podría acarrear una catástrofe para los maíces nativos. Si bien están detenidos los permisos para la siembra comercial, también hay grano que llega de Estados Unidos y que puede ser un factor de contaminación.

El lugar sí importa

En entrevista con *El faro*, la doctora Álvarez-Buylla destaca que la producción de plantas transgénicas, como cualquier otra tecnología, implica potencialidades, riesgos, beneficios y también insuficiencias tecnológicas, "y este es el caso de la generación de maíces transgénicos", del que se han documentado riesgos preocupantes.

Pero por qué el país debe ser cuidadoso con esta tecnociencia, como la llaman los integrantes de la UCCS en el libro *El maíz en peligro ante los transgénicos. Un análisis integral sobre el caso de México*. Para empezar, la doctora Álvarez-Buylla establece que a diferencia de lo que se pensaba, poco después de haberse descubierto el ADN, "la base molecular de la herencia, de que íbamos a poder algo así como leer un programa, una receta para tener la pauta, la guía, de cómo se desarrollan los seres vivos, cómo surgen las enfermedades y cómo prevenirlas", esto no fue así.

Y explica: "Aunque hoy en biología está muy superado este paradigma, que ya pocos colegas utilizan, permeó en la forma en que se desarrollaron las plantas transgénicas. Este paradigma implica

asumir que las interacciones entre los componentes moleculares, entre ellos las proteínas, que son codificadas por los genes, no son importantes, son despreciables, y que nosotros podemos entender cuál va a ser el efecto de un gen en los rasgos visibles de un organismo, simplemente estudiando ese gen de manera aislada, y mapeándolo de forma unicausal e independiente del resto de los otros componentes moleculares en el fenotipo, que es el conjunto de rasgos visibles de un organismo".

En otras palabras, la tecnología del ADN recombinante permitió el cortar y pegar genes de distintas especies, y con ello se generaron auténticas quimeras, seres que combinan material genético de diferentes reinos de la naturaleza. Un ejemplo lo representa el maíz transgénico Bt, que incorpora secuencias genéticas de la bacteria *Bacillus thuringiensis* y de virus, entre otros.

La investigadora del IE destaca que en biología del desarrollo tratan de "descubrir cuáles son las restricciones

y las complejas redes que rigen el mapeo de la información genética a los fenotipos o rasgos visibles. Nos hemos dado cuenta, por ejemplo, de que el sitio donde se coloca un transgén en el genoma, puede afectar el tipo de impacto que va a tener en el fenotipo de un organismo. El mismo transgén puede tener dos impactos totalmente distintos dependiendo del sitio de inserción del mismo".

La advertencia de la doctora Álvarez-Buylla cobra mayor relevancia por los trabajos que ha desarrollado en este terreno. "Yo uso plantas transgénicas en mi laboratorio para resolver preguntas básicas de genética molecular del desarrollo. En las plantas genéticamente modificadas que generamos, estudiamos cómo se da la expresión de los genes dependiendo de sus interacciones con otros genes, y cómo estas interacciones restringen los tipos de fenotipos observados", abunda.

Así, muestra a *El faro* varias fotografías en las que se puede apreciar el contraste entre dos individuos genéticamente idénticos de *Arabidopsis*, cuya única diferencia es que los transgenes se insertaron en sitios diferentes del genoma. "Siendo el mismo transgén, el mismo fondo genético, pero habiéndose insertado en localizaciones distintas del genoma, se obtienen resultados distintos", puntualiza.

Y añade que hoy por hoy no se pueden controlar estas localizaciones, "y aunque se pudieran controlar, para el caso de centros de origen y diversidad, como México para el maíz, una vez que se liberan los cultivos transgénicos prácticamente en cualquier parte del mundo,

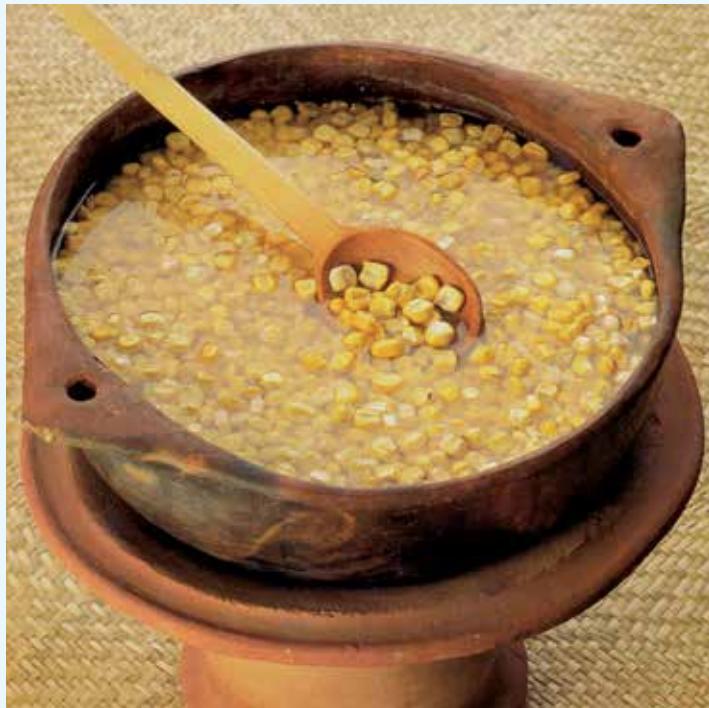
se abren las posibilidades de que sus secuencias recombinantes podrán insertarse y acumularse en distintas combinaciones y localizaciones cromosómicas de las variedades nativas, que tienen fondos genéticos contrastantes".

Riesgo de contaminación

De forma contundente, Álvarez-Buylla advierte que autorizar el cultivo comercial de maíces transgénicos en territorio nacional pondría en grave riesgo un patrimonio biológico que ha costado miles de años conseguir. Incluso advierte que ya se han dado casos de contaminación, debidamente documentados, como el ocurrido en Oaxaca. Esta contaminación debe revertirse y evitar que siga.

Y es que los transgenes se pueden mover vía el polen o las semillas a largas distancias y contaminar los maíces nativos.

"Es preocupante una vez que se libera al ambiente, sobre todo para centros de origen y diversidad. El transgén,



Esquites. El nombre de este platillo proviene del náhuatl *izquitl*, cuya raíz quiere decir tostar. Fotografía: George O. Jackson, Artes de México. Revista libro número 79. Año 2006.

ahora en el grano de polen, va a llegar a fertilizar a un óvulo, va a ocurrir el proceso que se conoce como recombinación sexual del material genético de una célula macho, que es el grano de polen, el gameto masculino, equivalente al espermatozoide de humanos, y del óvulo, que es la célula femenina y se va a dar la recombinación. En ese proceso el transgén va a ser insertado en el genoma materno en un sitio y con un contexto genómico distinto al original, porque es una variedad de maíz distinta al híbrido", detalla.

La investigadora establece que "con base en la biología reproductiva del maíz, era de esperarse que los transgenes liberados en cultivos de Estados Unidos iban a pasar la frontera y llegar a los terrenos de maíces nativos de agricultores pequeños que no quieren esa tecnología, que no la necesitan, que no la han pedido, y que probablemente tengan diferentes razones culturales u otras válidas para rechazarlo".

De acuerdo con Álvarez-Buylla, al agricultor que lleva miles de años heredando de sus ancestros estas semillas, que son la base de su capacidad de reproducción como agricultor autónomo, que utiliza estos acervos que son comunales, "le llegan estos transgenes, que están patentados. Esto tiene implicaciones desde el punto de vista social, económico, pero además, por lo explicado arriba, también tiene implicaciones biológicas importantes", avisa la también académica de la Facultad de Ciencias.

La dinámica genómica de los maíces es muy activa, y esto ha implicado que se ha modificado la localización relativa en los cromosomas de los diferentes genes a lo largo de la evolución de los maíces. Con la llegada de estos transgenes en granos de polen de las siembras originales, o de plantas que han sido contaminadas, en el momento en que se da la recombinación, los transgenes se van a insertar en contextos genómicos muy distintos, mucho más diferentes de lo que se puede lograr en el laboratorio, con consecuencias insospechadas.

Tecnologías a debate

A lo largo de la charla, la investigadora del IE argumenta que este tipo de tecnologías están muy cuestionadas y se encuentran de salida, luego de que no cumplieron con las expectativas que generaron cuando fueron lanzadas al mercado.

Por ejemplo, no disminuyeron el uso de agrotóxicos e incluso requieren de más químicos para poder crecer. Las sustancias habitualmente son suministradas por las mismas compañías que desarrollaron la semilla transgé-

nica. Pero peor aún, no se ha resuelto el hambre del mundo, como prometieron cuando fueron introducidos.

En todo caso, el hambre no es un problema tecnológico, "sino uno de distribución injusta de los alimentos y de pobreza; de la distribución injusta de las mejores tierras de cultivo". Y añade que se ha profundizado esta injusticia y la asimetría en la distribución de los recursos para la producción de alimentos con los transgénicos, ya que se ha favorecido a pocos latifundistas y por supuesto a las compañías productoras de transgénicos. También su impacto negativo ha sido asimétrico.

"Entonces, todas estas promesas que se hicieron hace 20 años, que se sustentaron en la fuerza mediática de las campañas de promoción de algunos de estos transgénicos, ya han sido desmentidas después de 20 años de experiencia. No hay una sola hectárea de estos cultivos que se esté utilizando para alimentar a los hambrientos del mundo. Son todas para producción de alimentos en las cadenas industriales, no para alimentar a la gente pobre", recalca.

Además, cuestiona la razón de ser de esta tecnología para el caso de México: "No es ni siquiera tecnológica. Es simplemente de búsqueda de ganancias de una tecnología que ya está de salida en el mundo entero, porque ha sido muy cuestionada", asevera. Relacionado con ello, arguye que la resistencia a insectos ha generado nuevos problemas de plagas, mientras que la de herbicidas ha generado supermalezas. Esto ha implicado más y no menos costos, como resultado del uso de esta tecnología, además de mayores problemas ambientales y de salud por el uso de los agrotóxicos de manera masiva.

"Hay incertidumbres que no podemos negar. Hay incertidumbres que ni siquiera podemos enumerar. Y por lo tanto no podemos hacer un análisis de riesgo formal, y esta falta de certeza puede implicar impactos en la integridad de los materiales que están utilizando los campesinos mexicanos", apunta.

A pesar de esta visión crítica de la tecnología de cultivos transgénicos en el mercado, Álvarez-Buylla asegura que no es "ludita", solo pide que se dé un debate riguroso, y público sustentado en argumentos científicos y no en intereses monetarios, pero también tomando en cuenta la postura de todos los sectores de la sociedad, los productores, consumidores, entre otros, y se consideren las mejores opciones biotecnológicas a favor de la equidad social, la salud pública y el ambiente de un país biodiverso y pluricultural como México. □



El maíz en peligro ante los transgénicos.

Un análisis integral sobre el caso de México

Elena R. Álvarez-Buylla y Alma Piñeyro Nelson (coordinadoras), México, 2013.



Reseñas

Un lustro puede ser el lapso en que un tipo de tecnología sustituya a otra, pero también el periodo en que una investigación arroje resultados. En 2009, un grupo de 200 científicos de distintos centros de investigación de México se dieron a la tarea de localizar dónde se cultivaban las diferentes razas de maíz y dónde crecían las poblaciones de teocintle, el progenitor de este cereal.

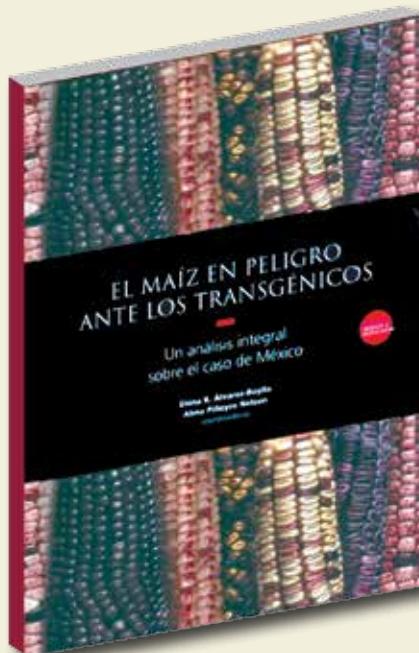
Encontraron que prácticamente todo el actual territorio mexicano puede considerarse como centro de diversidad genética del maíz, a excepción de zonas en donde es imposible que crezca alguna de las 60 razas nativas. Los datos son proporcionados en el prólogo del libro por el reconocido biólogo y ex rector de la UNAM José Sarukhán.

El maíz en peligro ante los transgénicos. Un análisis integral sobre el caso de México lo componen 17 capítulos construidos con investigación y estudios de caso de más de una decena de especialistas de las ciencias sociales y naturales que se centran en el maíz transgénico.

Con la finalidad de proporcionar un amplio panorama en torno a la introducción del maíz transgénico en México, el libro ofrece un panorama de las variedades nativas del grano en territorio nacional.

En un segundo bloque se analizan las actuales líneas de maíz transgénico presentes en el mercado internacional, se explican los fenómenos biológicos de flujo génico y cómo este y otros procesos modelan la diversidad biológica.

En los capítulos subsecuentes se ofrece información sobre los riesgos y peligros potenciales que la pre-



sencia de maíz transgénico puede generar a niveles subcelulares, ambientales, agroecológicos y humanos. También se expone el contexto de la bioeconomía y las políticas públicas que hay en torno al maíz transgénico en México.

En la mayoría de los textos se enfatiza la importancia nutricional de este cultivo, así como el valor cultural y simbólico que tiene en la población mexicana.

También se expone el debate europeo en torno a la introducción de transgénicos en ese continente y se reflexiona sobre el papel que la ciencia y la tecnociencia desempeñaron para legitimar esta biotecnología alrededor del mundo.

Se abordan consideraciones de tipo ético en torno al tema y se da

cuenta de las alternativas tecnológicas disponibles para hacer frente a las necesidades particulares de México, a fin de garantizar la soberanía alimentaria.

Su contenido también abarca aspectos de índole social. Así, se presenta un estudio de caso sobre la percepción de un grupo de agricultores de Oaxaca en torno al uso de maíz transgénico. En los capítulos finales se aportan ideas sobre el marco legal vigente en el país para la protección de las semillas nativas y mejoradas, que en años recientes han sufrido transformaciones, mismas que a juicio de los autores minan la protección de estos acervos.

También se presentan los diferentes modos de siembra y producción que hay en México, y se analiza cómo podrían verse afectados por la siembra de maíz genéticamente modificado.

En el último capítulo los autores retoman el tema legal y analizan otras normas e instrumentos jurídicos reformulados con la legislación en materia de bioseguridad y que podría traducirse como "el despojo del derecho que los campesinos tienen para guardar y manejar de manera autónoma su acervo de semillas", argumentan los autores.

Las conclusiones versan sobre los diferentes niveles y contextos en que impactaría la posible liberación de maíz transgénico en México, y se enfatizan tópicos abordados a lo largo del libro sobre los aspectos científicos, ambientales, agrícolas, económicos, sociales, nutricionales, históricos, éticos y legales, indispensables para evaluar los impactos de la puesta en marcha del maíz transgénico.

El maíz en peligro ante los transgénicos. Un análisis integral sobre el caso de México es el primero de varios estudios de caso que integra y pretende seguir reuniendo un grupo de investigadores que forman parte del Programa Temático de Agricultura y Alimentación de la Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad (UCCS).

A la venta en las oficinas de la UCCS, ubicadas en San Pedro 70, Colonia del Carmen, Coyoacán, México, D.F. Tel. (55) 56 58 44 97.

Sandra Vázquez Quiroz



Mujeres científicas del siglo XIX

Yassir Zárate Méndez

Como en siglos anteriores, las mujeres tuvieron que enfrentarse a la inercia social que las condenaba a una vida en las sombras, vedándoles las aulas y los laboratorios. Y aun aquellas que lograron hacerse de un nombre, tuvieron que sortear muchos obstáculos a lo largo del camino.

El siglo XIX siguió siendo igual de hostil que otras centurias para las mujeres que aspiraban a desarrollar su talento y habilidades en la ciencia. Sin embargo, a pesar del adverso panorama, un puñado de ellas destacó en campos como las matemáticas y la astronomía. O fueron auténticas pioneras en disciplinas como la programación informática o la ecología. Echemos un vistazo.

El lenguaje de las máquinas

Las matemáticas y la poesía pueden seguir trayectorias muy singulares para coincidir en un mismo punto. George Byron es uno de los más extraordinarios poetas, no solo en lengua inglesa, sino de toda la historia; fue alguien que encarnó los ideales del romanticismo hasta sus últimas consecuencias. Su esposa fue Anne Isabella Milbanke, baronesa de Wentworth, que contaba con un talento innato para las matemáticas, detalle que tiene una importancia capital en esta historia.

El matrimonio Byron duró muy poco, apenas lo suficiente para ver el nacimiento de su única hija, Ada, en 1815. Un mes después del alumbramiento, el poeta salió de Inglaterra, envuelto en la polémica por su intensa vida bohemia, no exenta de escándalos, que la rígida sociedad inglesa condenaba.

Para evitar que la pequeña Ada siguiera los pasos de su padre, Lady Byron decidió darle una educación basada en la lógica y la razón, para lo que recurrió a las matemáticas como instrumento de enseñanza.

A final de cuentas, la medida arrojó buenos resultados. A los 14 años, durante una tertulia, Ada conoció a Mary Sommerville, una de las más destacadas científicas inglesas, quien a su vez la presentó con Charles Babbage, el llamado padre de la computación.

Babbage estaba embarcado en la empresa de construir una máquina que pudiera efectuar complejos cálculos matemáticos, cuyos resultados serían almacenados para ocuparlos en nuevos procesos. Se trataba de la llamada máquina analítica, que funcionaría con un motor a vapor y tendría un uso general.

El matemático e inventor nunca pudo materializar su proyecto por di-

ferentes razones, aunque sí estimuló a Ada a plantearse cómo podría suministrarse la información a la máquina.

Ada, que para entonces ya se había casado y se apellidaba Lovelace, aunque contaba con el beneplácito de su marido para seguir con sus investigaciones, propuso que se alimentara con tarjetas perforadas, en las que se escribirían las instrucciones que el aparato debería ejecutar. En otras palabras, propuso lo que ahora conocemos como algoritmo, es decir, un conjunto cerrado de órdenes. Por esta idea, Ada Lovelace es considerada como la primera programadora informática.

En 1979, el ejército de Estados Unidos bautizó como ADA a un lenguaje de entorno Pascal, en honor de la matemática inglesa. También desde hace algunos años se conmemora el Día de Ada Lovelace, cada 15 de octubre, en honor a todas las mujeres que han realizado aportaciones a la ciencia y a la tecnología.

Pionera de la ecología

Ellen Swallow Richards fue la primera mujer admitida por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés), aunque sus estudios en química no fueron reconocidos oficialmente, debido a que el claustro universitario se negaba rotundamente a otorgar el grado de doctor a una mujer. Ellen dedicaría buena parte de su vida a luchar para que ellas tuvieran las mismas oportunidades académicas que los varones.

Nació en Dunstable, un pueblito de Nueva Inglaterra, donde sus padres, granjeros y profesores de primaria, la educaron hasta los 25 años. En 1871 fue admitida, "a título experimental", por el MIT, en cuyas aulas desarrollaría investigaciones relacionadas con el impacto



Ada Lovelace, la primera programadora informática.



Ellen Swallow Richards, pionera de la ecología.

que genera en el ambiente el proceso de industrialización. Antes había hecho estudios en el Vassar College, institución dedicada a la preparación académica de las mujeres.

Es considerada como pionera de la ecología y de la ingeniería ambiental, por sus estudios sobre la calidad del aire, el agua y el suelo, a pesar de las reticencias mostradas por sus colegas. Su tenacidad se vio recompensada con la aportación de fondos por parte de la sociedad bostoniana, que financió un Laboratorio de la Mujer, dirigido por Ellen, y en el que se daban nociones de química, biología y hasta mineralogía. Argumentaba que las mujeres deben "armarse de amplios conocimientos en química así como en las leyes de la física y la mecánica".

Libro de cuentas de Sofía sobre una página de complicados cálculos matemáticos.



La primera profesora europea de matemáticas

La universidad sueca de Estocolmo fue la primera institución de nivel superior en conceder a una mujer una plaza de profesora en matemáticas, aunque la académica no era de Suecia, sino de Rusia. Se trata de Sofía Kovalevskaya, originalmente llamada Sonia.

De origen gitano y descendiente del rey húngaro Matías Corvino, Sofía mostró un temprano gusto por la poesía y la lectura, aunque acabarían siendo las matemáticas el terreno donde más destacaría.

Instruida por el tutor de la familia, Sofía comenzó a mostrar talento para las matemáticas, particularmente para el álgebra.

Ada Lovelace es considerada como la primera programadora de la historia. Sugirió la utilización de tarjetas perforadas para introducir instrucciones en la máquina analítica, también conocida como máquina Babbage, la cual pretendía que pudiera programarse para realizar cualquier tipo de cálculo. Es considerada el antepasado de las computadoras.

Sin embargo, su padre, quien gozaba de buena fama como matemático, a pesar de que era un general de artillería, se opuso a que continuara preparándose. Fue hasta que el profesor Tyrtov, un amigo matemático de la familia, apreció la habilidad de Sofía, que la chica prosiguió su preparación, bajo la guía de tutores particulares.

Paradójicamente, un matrimonio arreglado le permitió escapar de la autoridad paterna. Entre las jóvenes de la alta sociedad rusa se volvió práctica común acordar casamientos por conveniencia, con el propósito de obtener un pasaporte y de esa manera poder salir del país.

Kovalévskaia recurrió a esta artimaña, debido a que las universidades rusas prohibían la inscripción a las mujeres. El elegido fue Vladimir Kovalevsky, quien, curiosamente, estaba destinado para su hermana mayor.

Una vez casados, los jóvenes se trasladaron a Heidelberg, en Alemania. La mala suerte parecía acompañarlos, porque descubrieron que ahí tampoco se aceptaba a las mujeres en las aulas universitarias. Pero ella estaba decidida a estudiar matemáticas, por lo que consiguió que el profesor Karl Weierstrass, de la Universidad de Berlín, le diera clases particulares entre 1871 y 1874.

De la capital germana partió hacia París, donde conoció a los matemáticos más celebres de su época: Charles Hermite, Henri Poincaré y Charles-Émile Picard. En Francia, Kovalévskaia fue aceptada en la Sociedad Matemática.

El mismo año de la muerte de su marido, en 1883, partió hacia Estocolmo, para trabajar en la universidad, aunque sin recibir salario, debido a su condición de mujer y a que estaba a prueba para demostrar su capacidad. Sus alumnos le pagaban directamente, además de que una suscripción popular ayudaba a nivelar sus ingresos.

Se cuenta que al llegar a Suecia fue saludada por un periódico local, que la llamó princesa de la ciencia, a lo que respondió: "¡Una princesa! Si tan solo me asignaran un salario". Su situación cambió al año siguiente, cuando fue nombrada oficialmente profesora, por un periodo de cinco años, con lo que se convirtió en la primera catedrática europea en esta ciencia.

En las siguientes entregas de **El faro** echaremos un vistazo a los logros que han tenido las mujeres a lo largo de la historia de la ciencia.



Sofía Vasílievna Kovalevskaya es una de las pocas mujeres que ha tenido un muy notable lugar en la historia de las matemáticas.



Ada Lovelace es considerada como la primera programadora de la historia. Sugirió la utilización de tarjetas perforadas para introducir instrucciones en la máquina analítica, también conocida como máquina Babbage, la cual pretendía que pudiera programarse para realizar cualquier tipo de cálculo. Es considerada el antepasado de las computadoras.



La ventaja de contar átomo por átomo:

Laboratorio de Espectrometría de Masas con Aceleradores

Sandra Vázquez Quiroz

Un acelerador y dos espectrómetros son la base del Laboratorio de Espectrometría de Masas con Aceleradores, uno de los diez laboratorios nacionales que resguarda la UNAM.

Desde 1953, en el Instituto de Física hay un importante abanico de aceleradores de partículas, que incluyen un Van de Graaff modelo AN2000, el MV-NEC Pelletron y un Van de Graaff CN, entre otros. Sin embargo, la tecnología de estos aceleradores no permitía el análisis átomo por átomo de algunos radioisótopos, como el carbono 14, el berilio 10 o el yodo 129.

Recientemente llegó a la UNAM el separador isotópico serie 4110, pieza fundamental que forma parte del Laboratorio Nacional de Espectrometría de Masas con Aceleradores (LEMA), uno de los 10 laboratorios nacionales que resguarda la UNAM y el Subsistema de la Investigación Científica.

Durante una visita al LEMA, su coordinadora, la doctora Corina Solís Rosales, detalló a *El faro* que el corazón de este nuevo Laboratorio es el separador isotópico, que tiene dos espectrómetros de masas acoplados por un acelerador de 1 MV; todo en su conjunto sirve para determinar concentraciones de isótopos de carbono 14 (^{14}C), berilio 10 (^{10}Be), aluminio 26 (^{26}Al), yodo 129 (^{129}I) y plutonio 239, 240 y 242 ($^{239,240,242}\text{Pu}$).

Este nuevo sistema amplía las capacidades experimentales disponibles en el Instituto de Física, y al mismo tiempo ofrece la posibilidad de que cualquier usuario pueda procesar muestras de los radioisótopos mencionados, sin la necesidad de enviarlas al extranjero, lo que trae beneficios en tiempo y costos.

Podrán hacer uso del LEMA los científicos interesados en el desarrollo de investigación básica, multidisciplinaria y aplicada, no solo del Instituto de Física o de la UNAM, sino de otras instituciones de investigación.

Su tecnología y la sinergia de trabajo entre grupos multidisciplinarios, son características que lo colocan como un referente en México y América Latina.

¿Espectro qué...?

La espectrometría de masas con aceleradores se ha desarrollado como una herramienta ultrasensible para la medida de concentraciones extremadamente pequeñas (una parte en mil millones de millones) de algunos núcleos atómicos, principalmente radioactivos producidos por la interacción de los rayos cósmicos con la atmósfera terrestre, destaca la doctora Corina Solís.

Imaginemos una tabla periódica donde es posible ver todos los elementos en su conjunto. Un mismo elemento químico puede tener variedades de átomos, conocidos como isótopos, que son diferentes entre sí debido a la cantidad de neutrones que presentan en su núcleo, aunque conservan el número atómico.

Hay isótopos estables e inestables que se distinguen porque los núcleos de algunos átomos se estabilizan, explica la doctora Corina: "Decaen mientras emiten partículas o radiación electromagnética".

Hay varios elementos químicos fundamentales en la composición de la vida, y el carbono es uno de ellos; este elemento cuenta con un radioisótopo natural llamado carbono 14.

La científica universitaria explica que todos los seres vivos tenemos aproximadamente la misma concentración de carbono 14 que la del entorno en el que vivimos. Cuando el organismo muere, deja de incorporar carbono a su cuerpo y a partir de ese momento los átomos de ^{14}C comienzan a desintegrarse, ya que este elemento es un isótopo radiactivo que tiene una vida media aproximada de 5,000 años.

Las muestras fósiles y la espectrometría de masas forman una especie de máquina del tiempo, ya que al medir la concentración de ^{14}C se puede determinar el tiempo que ha pasado desde que el organismo murió.



En la Unidad de Grafitización se procesan las muestras para obtener una porción de grafito, que contiene átomos de carbono del material que se quiere fechar.



Cómo se fechan las muestras orgánicas

Durante la visita al LEMA se puede apreciar que sobre una mesa descansan algunos fragmentos de textiles y de huesos, hallados en la cueva El Gigante, de Chihuahua, que están listos para ser analizados en el separador isotópico. La doctora Solís explica que para su estudio primero deberán limpiarse y dejarlas libres de raíces, tierra o microbios que puedan interferir en la prueba.

Después será necesario obtener una muestra que contenga un miligramo de carbono; para lograrlo, este se tendrá que fundir en un horno para que pueda producir dióxido de carbono. El siguiente paso es colocar la porción en el equipo de grafitización automatizado que ayudará a separar el oxígeno del carbono de forma rápida y eficiente.

El objetivo de estos pasos es obtener una muestra de grafito, necesaria para el separador isotópico.

Luego, la muestra de grafito se coloca en el carrousel del separador isotópico que por medio de campos electromagnéticos transportará los átomos de carbono, modificará la trayectoria de cada átomo según su masa, separando las masas 12, 13 y 14, midiendo así su abundancia relativa. Es decir, se obtendrá la concentración de ^{14}C en esa muestra.

De este modo, el separador isotópico podrá contar literalmente átomo por átomo la muestra de uno de los fragmentos de textil que fueron hallados en El Gigante, y que datan de aproximadamente 1,000 años atrás.

Para analizar los datos que salen del separador, se desarrolló una plataforma con lenguaje de programación Python, que ayuda a calcular la edad del radiocarbono. Una vez que se obtienen los resultados sobre la concentración de ^{14}C en una muestra, los datos son ajustados con una curva de calibración elaborada en la Universidad de Oxford, que permite ofrecer precisión en el cálculo de la edad de la muestra.

Cabe destacar que una de las aplicaciones principales del separador isotópico es determinar la antigüedad de restos arqueológicos o fósiles por carbono 14. Además, se emplea en la medicina para diagnóstico y tratamiento de enfermedades, en la industria y la tecnología para comprobar materiales que se usan en la construcción, así como en la conservación de alimentos, la restauración y verificación de objetos artísticos y en farmacología para estudiar el comportamiento de algunos medicamentos antes de autorizar su uso público.

El abanico de posibilidades que se abre al contar con un separador isotópico que ayude a hacer el conteo de



Si bien el fechamiento por carbono 14 existe en México desde hace años, el LEMA permitirá que a través de procesos propios de la física nuclear puedan separarse y detectarse átomos de este elemento en cantidades diminutas, del orden de 10^{16} .

la materia átomo por átomo, redundará en beneficio no solo de la comunidad universitaria, sino de la ciencia que se desarrolla en el país, destaca el doctor Efraín Chávez, responsable del separador isotópico.

Infraestructura y servicios que ofrece

El LEMA está formado por tres laboratorios, dos de los cuales están especializados en el tratamiento de muestras orgánicas para estudios de ^{14}C (limpieza y grafitización), y un tercer espacio se utiliza para preparar otro tipo de muestras (Be, Al, I).

El separador isotópico está compuesto por dos espectrómetros electromagnéticos de baja y alta energía, conectados por un acelerador de partículas de 1 MV. Dicho acelerador y los dos espectrómetros conforman el LEMA, cuya infraestructura se ofrece a las comunidades científicas del país y del extranjero y de la iniciativa privada, para medir la concentración de isótopos en muestras de su interés.

Actualmente realiza medidas de concentración de ^{14}C con un margen de error de 0.3%. El laboratorio está preparado para recibir muestras orgánicas externas en su forma original (madera, tela, cabello, hueso) o pre-tratadas en forma de dióxido de carbono, para convertirlas en grafito y medir su contenido de ^{14}C como servicio adicional.

Los costos de los servicios y los tiempos de entrega de resultados pueden consultarse con los responsables del laboratorio, o en la página electrónica del LEMA: <http://laboratorios fisica.unam.mx/home?id=11>



Las características tecnológicas con las que cuenta el LEMA ofrecen la posibilidad de que cualquier entidad, ya sea académica o privada, pueda aprovechar su infraestructura.

Cartílago y meniscos de laboratorio en el CFATA

José Antonio Alonso García

El sobrepeso, la obesidad, los deportes, la edad y algunas enfermedades hacen que las lesiones del cartílago de la rodilla sean el problema traumatológico que más se trata en el país, después del de columna.

En su laboratorio del Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, en Juriquilla, Querétaro, la doctora Miriam Rocío Estévez González lleva más de dos años creando, mediante la técnica de electrotejido, biofibra polimérica biocompatibles para implantes de cartílago en la rodilla. Ella misma confiesa estar sorprendida por todo el avance que ha logrado con su equipo de investigación.



Imágenes de microscopía electrónica de barrido de las fibras poliméricas obtenidas por la técnica de electrotejido para los poliuretanos que se usarán como sustitutos de menisco.

Ingeniera química por la Facultad de Química de la UNAM, obtuvo su doctorado en ingeniería de materiales en la Universidad Autónoma de Querétaro en 2002. Ha enfocado su trabajo a la síntesis y caracterización de nuevos materiales híbridos con aplicación en biomateriales. Actualmente trabaja en el Departamento de Ingeniería Molecular de Materiales, donde es la responsable del Laboratorio de Dispersión de Luz. "Me dedico a hacer biomateriales desde hace más de una década, desde que inicié aquí en el CFATA", precisa la doctora.

Primer lugar de sobrepeso a nivel mundial

El interés de la doctora Estévez en desarrollar materiales para ayudar a sustituir o regenerar cartílago se incrementó al conocer que México ocupa el primer lugar de sobrepeso a nivel mundial, situación que aumenta las lesiones en meniscos, además de que su hija, de 18 años, padece algunos problemas en articulaciones por su afición al baile y a la hípica. "Una está acostumbrada a ver este problema en personas mayores, pero ahora cada vez es más recurrente en jóvenes, especialmente

por la práctica de deportes o actividades en que se somete a la rodilla a grandes esfuerzos y tensiones, y por el sobrepeso y la obesidad".

Las biofibra, que produce la científica a escala nanométrica y micrométrica, son de varios polímeros: poliácido láctico, policaprolactona, colágeno y poliuretano, que además de ser biocompatibles con el organismo humano, permiten igualar la morfología y resistencia mecánica de los meniscos.

Con estas biofibra, la investigadora desarrolla implantes para regenerar y/o sustituir el cartílago de la rodilla, el cual se lesiona por el excesivo ejercicio físico, por el sobrepeso o por ciertas enfermedades degenerativas. Las

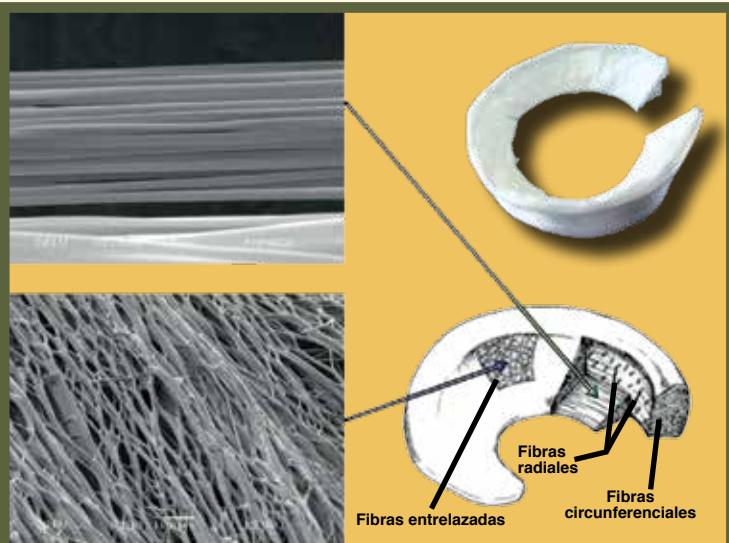


biofibra polimérica obtenidas mediante electrotejido se depositan en un molde diseñado especialmente para obtener la forma de cuña y la morfología exacta del menisco.

Un mejor desempeño

Este nuevo material se analiza con la técnica de microscopía electrónica de barrido para corroborar la similitud con los fibrocartílagos del menisco; además, se evalúan sus propiedades mecánicas en las diferentes zonas y se comparan con lo reportado en la literatura. "En todas las pruebas obtuvimos un mejor desempeño en comparación con lo hasta ahora reportado. También realizamos pruebas de vascularización y biocompatibilidad en animales de laboratorio", explica la investigadora.

Para comprobar las características mecánicas del material, el doctor Domingo Rangel Miranda, también del CFATA, ha desarrollado un modelo mecatrónico de la rodilla, en el que se introduce el menisco elaborado con las biofibra y, mediante el uso de sensores, verifica el desempeño del biomaterial cartilaginoso, como tensión, esfuerzo, resistencia a la presión y elasticidad.



Izquierda: fibras naturales del menisco vistas con un microscopio de barrido electrónico. Derecha: biofibers poliméricas biocompatibles similares a las naturales.

Pruebas preclínicas

Está tan avanzado el trabajo, que la siguiente etapa es unir esfuerzos con un grupo de médicos del IMSS y del ISSSTE interesados en apoyarlos para hacer pruebas preclínicas. "Nosotros no podemos hacerlas en personas. Ellos decidirán si ya podemos hacer algunas en humanos. Aunque todavía falta tiempo para eso", aclara la doctora Estévez. "No menos de un año".

Antes de probar el material biocompatible en humanos, el proyecto debe cumplir una serie de protocolos muy elaborados y recibir la aprobación de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, organismo que otorga las autorizaciones.

Bioabsorbibles y biodegradables

El biomaterial estructurado presenta características diversas. "En un joven, por ejemplo, el cartílago tiene posibilidades de regeneración propia, por lo que podríamos usar polímeros biodegradables para hacer las biofibers. Sin embargo, al material usado para las personas mayores hay que añadirle regeneradores que favorezcan la vascularización y regeneración. Si queremos que el material se vaya reabsorbiendo o que el propio organismo comience a regenerarlo usamos polímeros biocompatibles y, dependiendo de la formulación requerida, podemos controlar la velocidad de biodegradación. De lo contrario, usamos polímeros bioestables y biocompatibles. Tenemos la opción de utilizar diferentes formulaciones que nos permiten controlar diversas propiedades", explica la científica.

Labor interinstitucional

No están solos en su labor. En el proyecto también colabora, y de manera importante, la Universidad Autónoma de Querétaro, que apoya con infraestructura y equipos, y la Universidad del Valle de México campus Querétaro.

No hay nadie más, a nivel mundial, que haga, específicamente, lo que está haciendo la doctora Estévez. La revisión bibliográfica que ha efectuado a nivel interna-

cional de artículos ya publicados muestra que en algunos centros de investigación de Estados Unidos se ha trabajado algo de meniscos, pero utilizando un solo tipo de polímero, policaprolactona, y no diversos que permitan un mejor control de las propiedades necesarias para ser considerado un prototipo que ayude a regenerar o sustituir los meniscos, como se hace en el CFATA. Además, detalla la investigadora, nadie ha podido diseñar y replicar por completo la morfología completa del menisco, como lo ha hecho este equipo en Querétaro.

A nivel clínico

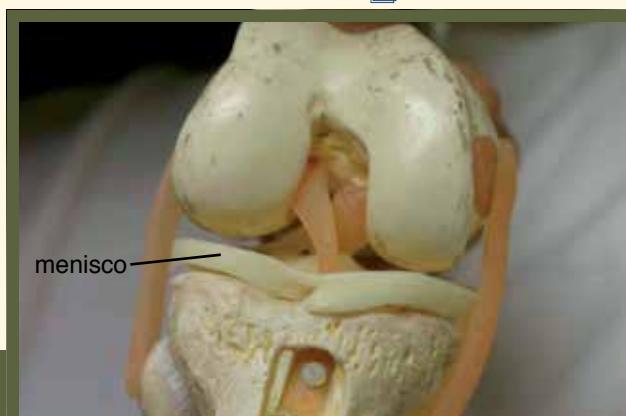
La realidad diaria sobre las mesas de cirugía, ilustra la doctora Estévez, es que el traumatólogo recurre a una disectomía parcial, una reparación que trata de salvar la mayor parte del menisco mediante una sutura. Pero eso solo en la parte donde el menisco tiene vascularización (irrigación), a fin de permitir la entrada y salida de fluidos que lo ayuden a regenerarse. Cuando la lesión es en la parte interna el problema se agudiza, porque ahí no se puede regenerar.

Otra opción, más frecuente de lo que debería, afirma la doctora en tono de desconformidad, es retirar por completo el menisco. La tercera posibilidad de tratamiento, y "creo que en México no se hace, es la donación. De hecho, en nuestro país no tenemos esa cultura de donación que hay en otros países".

Los implantes de solo colágeno son otro de los tratamientos que intentan aliviar el intenso dolor que puede llegar a provocar este problema al dejar que el fémur y la tibia entren en contacto directo por falta del amortiguamiento y lubricación que ofrece el cartílago. El problema es que no tienen las características apropiadas para cada paciente. Este recurso se usa cuando todavía es posible salvar la mayor cantidad extirpable del menisco.

Patente y transferencia de tecnología

"Cuando me preguntan lo que quisiera para este trabajo de investigación", se apresura a responder la joven investigadora, "es que la UNAM, que siempre está interesada en apoyar a toda la sociedad, obtuviera las patentes y que pudiera proporcionar a un precio más asequible a toda la sociedad en general, y específicamente a los que sufren este problema, un producto confiable y seguro que alivie el padecimiento. Es decir, lo que deseo es que el beneficio de esta investigación llegue a la sociedad, a las personas que realmente lo necesitan. Es nuestra pequeña contribución a aliviar sus dolores", concluye la doctora Miriam Rocío Estévez González.



Ejemplo de fibrocartílago del menisco.

Teoría y experimentación: unión indisoluble. Claude Thions

La realidad se ha impuesto. Hoy queda claro que para orientarse hacia la física experimental se requiere de la teoría, y viceversa. Esto suena obvio, aunque no lo fue durante décadas en que se dividió el campo de trabajo de la física entre lo teórico y lo experimental. Fue esa separación por la que Claude Thions Chaudy trabajó hasta finales de los años 70 en el campo de la termodinámica a nivel teórico. "Analizamos qué le pasa a la materia para tratar de encontrar ecuaciones de estado, que predicen cuál va a ser el resultado de la materia comprimida dada la presión que se le va a aplicar", recapitula.

Ha sido un campo de trabajo con un notable éxito, en principio orientado a definir una ecuación universal en el caso de materiales comprimidos por ondas de choque. "Pero para probar esta ecuación necesitábamos datos experimentales", apunta. Esa necesidad dio origen al Laboratorio de Altas Presiones (LAP) del Instituto de Física (IF) de la UNAM, creado también en los años 70 del siglo pasado para albergar un cañón de gas comprimido capaz de producir ondas de choque de 100 a 150,000 atmósferas de presión, en cuyo diseño Thions trabajó con los doctores Fernando Enrique Prieto Calderón y Miguel de Icaza.

Inicialmente se hicieron experimentos para comparar los resul-



tados del choque a distintas temperaturas, incluso extremas, con los datos de la ecuación universal propuesta por el doctor Prieto y Claude Thions, en esos años identificada como Claude Renero por el apellido de su esposo. A lo largo de los años se han tenido resultados sorprendentes, como la soldadura por impacto entre materiales como el aluminio y el acero, que quedan unidos sin que haya una solución de continuidad. "Y esto es fantástico porque así se puede unir materiales que con soldadura clásica es prácticamente imposible", recalca Thions.

Fabricado en su totalidad en la UNAM, este cañón de poco más de 15 metros es único en el país. Opera con una cámara que comprime un gas, que al ser liberado sobre la base de un proyectil, lo acelera a lo largo del tubo. Al final se fija el blanco. En

este proceso, que dura microsegundos, se produce una onda de choque. El problema, explica Thions a *El faro*, es recuperar el material de la muestra y analizar el resultado del impacto del proyectil, que viaja a velocidades de entre 400 y 1,000 m/s. En las más de dos décadas que lleva en operación se ha experimentado el impacto de las altas presiones en los más diversos materiales y elementos, lo que deriva en aplicaciones que van de la ciencia e ingeniería de materiales a la geofísica y las ciencias planetarias, e inclusive a la biología. Actualmente, la investigación en el LAP está orientada a la compactación dinámica de polvos nanoestructurados. En esta materia hubo una colaboración muy activa con el Instituto Politécnico Nacional, y actualmente con el Laboratorio de Cristalofísica y Materiales Naturales del IF.

Otro proyecto tiene que ver con el análisis de los restos "proximales" generados por el impacto de un meteorito en la península de Yucatán hace 65 millones de años, con el fin de determinar a qué presión pudieron formarse estos restos y tener más conocimiento sobre un evento al que se atribuye la desaparición de los dinosaurios. Las posibilidades de este tipo de experimentación "son inmensas", apunta Claude Thions, pues representan además una alternativa al uso de explosivos. ☐

Alicia Ortiz Rivera

A ver si puedes

Isabella no quiere proporcionarle a Ana su número telefónico completo; solo le ha dado los primeros cinco dígitos. Le dice que los últimos tres se obtienen de sumar los nueve números que se ubicarán en el cuadrado central de 3x3 (el que ya tiene el 7, el 1 y el 25) de la siguiente tabla cuando se llene por completo. Se hace escribiendo una sola vez los números del 1 al 49. Las reglas para llenarla disponen que solo se puede avanzar una casilla y se vale avanzar en diagonal (como el alfil en el ajedrez). ¿Cuáles son los 3 números?

4	49			21
		7	1	23
			25	
15		30		27

Dr. Alejandro Illanes

Instituto de Matemáticas, UNAM

Respuesta al anterior

Pedro le dio 2 pesos. Si el número de suéteres se llama n , lo dividimos entre 10 y lo escribimos $n=10m+r$, entonces recibieron $n^2=(10m+r)^2=100m^2+20mr+r^2$. Para que haya un número impar de dieces se necesita que r^2 tenga un número impar de dieces. Esto solo ocurre cuando $r=4$ o $r=6$, en cualquier caso r^2 termina en 6, por lo que a Luis le habían tocado 4 pesos menos.

i Gánate un libro!

Envía la respuesta correcta a boletin@cic.unam.mx

Si tu respuesta es correcta, ya ganaste.

Además, síguenos en facebook



Boletín *El faroUNAM*



El faro avisa

abril

martes 1

"Kravchuk and Meixner polynomials of a discrete variable and irreducible representations of the Lie groups $SO(3)$ and $SO(2,1)$ "

Natig Atakishiyev
IMUNAM, Cuernavaca



martes 8

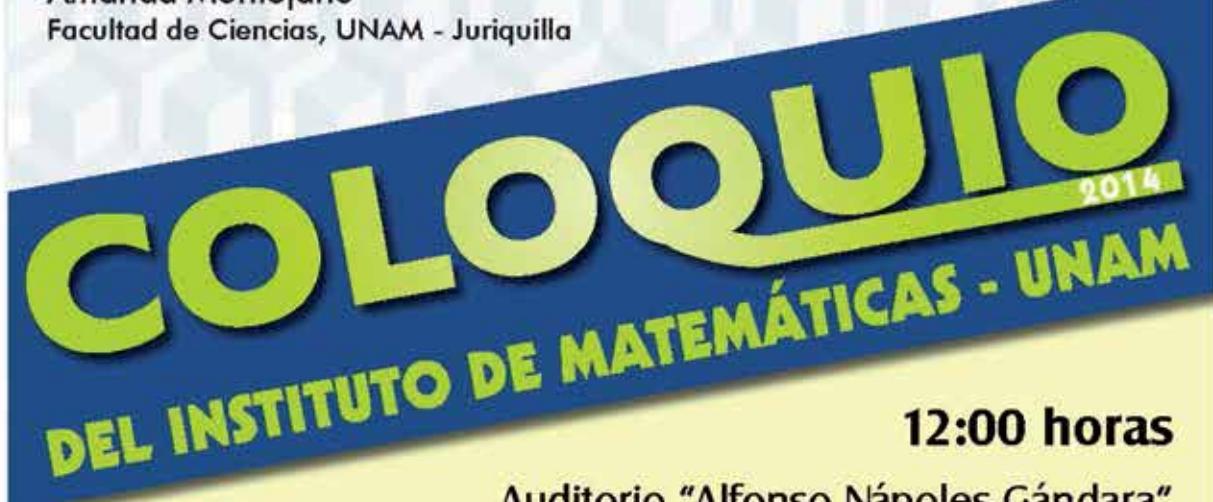
"Números mágicos"

Carlos Prieto
IMUNAM

martes 29

"Estudio de coloraciones libres en teoría de anti-Ramsey"

Amanda Montejo
Facultad de Ciencias, UNAM - Juriquilla



12:00 horas
Auditorio "Alfonso Nápoles Gándara"
INSTITUTO DE MATEMÁTICAS, UNAM

LVII CONGRESO NACIONAL DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE FÍSICA

XXIX Encuentro Nacional de Divulgación Científica
Del 5 al 10 de octubre de 2014

Sede:

Mazatlán International Center, Mazatlán, Sinaloa

Temática:

- * Investigación en física básica y aplicada
- * Instrumentación * Historia y filosofía de la física
- * Enseñanza, política científica y temas directamente relacionados con el desarrollo de la física

Comité organizador:

Sociedad Mexicana de Física

Apartado Postal: 70-348, Coyoacán, 04511, México, D.F.

Tels./fax: 5622-4848, 5622-4840 y 5622-4946

smf@ciencias.unam.mx

smf@unam.mx

Fecha límite para la recepción de resúmenes: viernes 4 de julio de 2014 <http://www.smf.mx/cnf>

