A y P
Avance y Perspectiva

SEGURIDAD INFORMÁTICA

RETO EN LA ERA DIGITAL

CONTAMINACIÓN
UN PROBLEMA NACIONAL

ESTADOS UNIDOS
ELECCIONES Y CIENCIA

Cinvestav Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN

Vol. 2 No. 1
Septiembre-Noviembre 2016
ISSN 0185-1411
México

CONCIERTOS
Cultura
Cinvestav
CONSULTA LA CARTELERA EN
www.difusion.cinvestav.mx/Calendario-de-Eventos
Cinvestav
Difusión
Cinvestav
CULTURA
INBA

CONTENIDO

VIRUS "QUIMÉRICOS" PARA ESTUDIAR VIH/ DESCIFRAN SECRETOS DE BACTERIAS 04

SEIS DÉCADAS DE RADIACIÓN/ VIDRIOS RESISTENTES E INTELIGENTES 05

LEYENDA COMPROBADA/ CONFIRMAN ONDAS GRAVITACIONALES 06

CONTAMINACIÓN LUMÍNICA 07

CONSOLIDAN RELACIÓN CON ALEMANIA 08

TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE LOS ANIMALES 09

TOXICOLOGÍA DE PARTÍCULAS: CON EL VIENTO EN CONTRA 12

A RAÍZ DE SUELO 16

¡AGUAS! CONTAMINACIÓN HÍDRICA EN MÉXICO 19

INGENIERÍA ELÉCTRICA: UN BRILLANTE LEGADO 22

RETO EN LA ERA DIGITAL 28

TRANSACCIONES BANCARIAS SEGURAS 32

SECRETO INFORMÁTICO A VOCES 35

EL ORIGEN DEL MIEDO A LAS COMPUTADORAS 38

NO ERES TÚ… ES MI MICROBIOTA 39

CIENCIA EN TIEMPOS ELECTORALES 42

DESLICES CIENTÍFICOS 46

PROMISORIO FUTURO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA 50

EL SIGUIENTE REMBRANDT 55

RADIOGRAFÍA DE LA GRAN CIUDAD 56

DIRECTORIO CINVESTAV

Seguridad
y protección en
el entorno digital

José Mustre de León
Director General

Gerardo Herrera Corral
Secretario Académico

José Luis Leyva Montiel
Secretario de Planeación

Jesús Corona Uribe
Secretario Administrativo

Revista AyP

Gerardo Herrera Corral
Editor

Ricardo Cerón Plata
Coordinador editorial

Guillermo Cárdenas Guzmán
Héctor de la Peña Durán
Corrección de estilo

Wendolin Collazo Rodríguez
Reportera

Luisa Miranda Barbotó
Víctor Juárez Lomán
Colaboradores

Elizabeth Licona González
Infografía

Milton David Cruz Guzmán
Ilustración

Efrén Díaz Millán
Fotografía

Víctor Durán Mejía
Diseño editorial

Josefina Miranda López
Asistente secretarial

Ana Isabel Sacristán Rock
Ana Lorena Gutiérrez Escolano
Carlos Chimal
Eduardo Santillan Zeron
Eugenia Roldán Vera
Gabriela Olmedo Álvarez
José Gordon
Pablo Boullosa
Roberto Muñoz Guerrero
Consejo editorial

http://avanceyperspectiva.cinvestav.mx
revista@cinvestav.mx

RevistaAvanceyPerspectiva revistaayp AvanceyPerspectiva

Avance y Perspectiva, Vol. 2, No. 1, septiembre-noviembre2016, órgano oficial de difusión trimestral editado por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav). Av. Instituto Politécnico Nacional No. 2508, Col. San Pedro Zacatenco, Delegación Gustavo A. Madero, C.P. 07360, D.F., Tel. 55-57473800, www.cinvestav.mx, revista@cinvestav.mx, Editor Responsable: Gerardo Herrera Corral, Reserva de Derechos al uso exclusivo: 04-2014-021912420000-203, Número ISSN en trámite ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Cinvestav, a través de Víctor Juárez Lomán. Av. Instituto Politécnico Nacional No. 2508, Col. San Pedro Zacatenco, Delegación Gustavo A. Madero, C.P. 07360, Ciudad de México, fecha de última modificación, 1 de septiembre de 2016.

EDITORIAL

GERARDO HERRERA CORRAL
EDITOR
gherrera@fis.cinvestav.mx

Durante gran parte de este año hemos dedicado varias páginas de nuestra revista a ponderar la historia del Cinvestav. Repasamos, aunque de manera muy general, un poco de la historia del Centro y de dos de sus cuatro departamentos fundadores. Este número no es la excepción y por ello, nos enfocamos ahora en el Departamento de Ingeniería Eléctrica, que ha logrado crecer, formar recursos humanos altamente competentes y diversificarse conforme las necesidades que cada época fue exigiéndole.

Dentro de los grandes aciertos que ha tenido este Departamento está mantener la fidelidad a los propósitos para los que fue creado, que incluyen responder científica y tecnológicamente a las necesidades de la población así como resolver problemas derivados de la realidad social en que se encuentran.

Como en los números anteriores, no es el único tema que tocamos: también analizamos problemas coyunturales para el quehacer científico y el devenir de la investigación con contenido de trascendencia internacional. Uno de ellos es la polémica elección presidencial que se llevará a cabo en noviembre en Estados Unidos, una elección que ha suscitado divisiones y controversias no sólo en aquel país, también en nuestro territorio generó temores y suspicacias por las declaraciones contra nuestros migrantes. Ante esta perspectiva, el sector republicano ha dado mayores muestras de mesura que de confrontación, y la balanza se ha inclinado —aparentemente de forma irreversible— hacia el lado demócrata, con lo que nos adentramos en aguas más tranquilas. El lado conservador, sin embargo, dejó ver una realidad antes ignorada. En este número invitamos al análisis de las plataformas científicas de ambos candidatos que, a pesar de ser prácticamente inexistentes, son antagónicas en varios de los tópicos centrales.

Tema aparte es el de la contaminación ambiental. En *AyP* hacemos una revisión de la situación del aire, agua y suelos invitando a especialistas en el ramo para exponer sus aportaciones y propuestas de soluciones.

Del mismo modo, una de las preguntas más relevantes para todos aquellos usuarios de internet es la seguridad informática que se puede lograr, en especial al momento de realizar operaciones bancarias, compras o el intercambio de información privada. Casi cualquier navegante cibernético tiene dudas sobre la posibilidad de defensa ante ataques informáticos. Esa incógnita, tan común y generalizada, es una de las cosas que traemos a la mesa en este número, rememorando hechos importantes y tratando de dar respuesta a tan compleja interrogante.

VIRUS "QUIMÉRICOS" PARA ESTUDIAR VIH

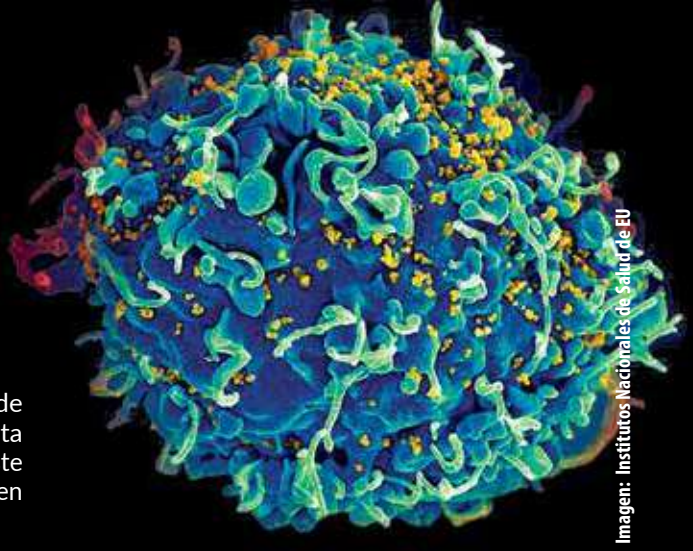


Imagen: Institutos Nacionales de Salud de EU

El desarrollo de vacunas contra el Virus de la Inmunodeficiencia Humana (VIH) enfrenta enormes obstáculos. Uno de ellos es que este agente infeccioso muta rápidamente, sobre todo en su capa exterior de proteína.

Otro reto es la falta de un modelo adecuado para probar las vacunas, pues hasta ahora se usan pequeños animales como ratas, conejos o cerdos de Guinea, que tienen sistemas inmunitarios muy distintos al humano.

Especies de primates como los macacos *Rhesus* tienen más similitudes con nuestro sistema inmunitario, pero el VIH no puede infectarlos ni replicarse. Como alternativa, expertos de la Escuela de Medicina de la Universidad de Pensilvania crearon virus de VIH "quiméricos" genéticamente modificados.

Estos virus contienen la envoltura de proteína del VIH además de otros compuestos virales que les permiten replicarse en los macacos y producir una infección parecida al VIH.

Los autores del estudio, George M. Shaw y Hui Li (ambos expertos en hematooncología) modificaron un aminoácido presente en la cubierta de proteína de los virus artificiales para que se asemejaran lo más posible al VIH en su capacidad infecciosa.

Con este cambio lograron diferencias notables en la capacidad de los virus para infectar a los macacos, pero conservando rasgos muy similares a los originalmente existentes en la capa proteica, que les permiten interactuar con el sistema inmunitario humano.

DESCIFRAN SECRETOS DE BACTERIAS

Casi todo el oxígeno que existe hoy en la atmósfera lo produjeron las cianobacterias hace 3 mil millones de años. En la actualidad siguen produciendo entre 20 y 30 por ciento de la actividad fotosintética del planeta. Además, realizan otra labor fundamental: junto a otros microorganismos llamados arqueas, son los únicos capaces de convertir el nitrógeno de la atmósfera en formas químicas utilizables por cualquier ser vivo.

Imagen: lookfordiagnosis.com

"Sin las cianobacterias, ni la humanidad ni el resto de seres vivos complejos podríamos vivir en la Tierra, porque no tendríamos oxígeno que respirar ni nitrógeno con el que construir nuestras moléculas complejas como el ADN y las proteínas de nuestro organismo", afirma Saúl Ares, del Grupo Interdisciplinario de Sistemas Complejos de la Universidad Carlos III de Madrid.

Ares, junto con Javier Muñoz García, publicaron recientemente un artículo en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences* sobre el proceso de fijación de nitrógeno utilizado por las cianobacterias del género *Anabaena*, en las que sus células viven pegadas unas a otras formando un filamento.

Los científicos han creado un nuevo modelo matemático que explica el patrón por el cual una de cada 10 células en los filamentos de cianobacterias del género *Anabaena* se dedica a fijar el nitrógeno mientras el resto realiza la fotosíntesis.

En condiciones en las que hay suficiente nitrógeno fijado en el ambiente, todas las células del filamento se dedican a la fotosíntesis, pero cuando hay privación de éste, una de cada 10, repartidas de forma bastante regular a lo largo del filamento, se encarga de fijar nitrógeno y compartirlo con el resto de las células.

SEIS DÉCADAS DE RADIACIÓN

Entre 1946 y 1958, el gobierno de Estados Unidos (EU) detonó 67 dispositivos nucleares experimentales en los atolones de Enewetak y de Bikini, en las Islas Marshall del norte, por lo que más de 200 habitantes del lugar fueron obligados a evacuar la zona.

Han pasado más de 60 años y aunque muchos de los desplazados y sus descendientes desean volver a las islas, al día de hoy aún no es posible, situación que podría prolongarse todavía más, porque de acuerdo con un reciente estudio publicado en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences*, se descubrió que la radiación gamma en la isla de Bikini es superior a las estimaciones derivadas de los datos obtenidos hace décadas.

Luego de hacer mediciones de campo en seis diferentes atolones cercanos a la zona de ensayo, un grupo científico de la Universidad de Columbia indicó que en cinco de ellos se encontraron niveles de radiación gamma inferiores a los recabados en el atolón de Majuro, muy distante del lugar y que sirvió de control para el estudio, el cual mostró que en ese medio, una persona podría recibir 13 milirems (unidad que indica peligrosidad de radiación) por año.

Sin embargo, las lecturas sobre el atolón de Bikini fueron 184 milirems/año, lo que no se considera altamente peligroso, pero que supera los niveles mínimos aceptables acordados por EU y el gobierno de las Islas Marshall, por lo que se sugiere realizar más estudios en el lugar antes de cualquier repoblamiento.

Fotografía: aviacionargentina.net

VIDRIOS RESISTENTES E INTELIGENTES

Investigadores de la Universidad de Adelaide, en Australia, desarrollaron lo que han calificado como el primer vidrio inteligente, que entre otras aplicaciones ofrece la posibilidad de producir pantallas de tercera dimensión o sensores remotos de radiación, a partir de una tecnología en la que se introducen nanopartículas de emisión de luz a su estructura, sin que éste pierda propiedades de maleabilidad, transparencia o resistencia

El proyecto, liderado por Tim Zhao, fue publicado en el número de mayo de la revista especializada *Advance Optical Materials* y su mayor contribución fue la de introducir nanopartículas de conversión ascendente, que tienen la propiedad de emitir luz, lo que permite utilizar al vidrio para distintas aplicaciones de alta tecnología, entre las que figuran la medicina o comunicaciones.

De acuerdo con los científicos, este desarrollo abre la posibilidad de crear nuevos materiales híbridos y dispositivos que puedan sacar ventaja de las propiedades de las nanopartículas en distintas áreas. Uno de los ejemplos que mencionaron los investigadores australianos fue la neurociencia, donde

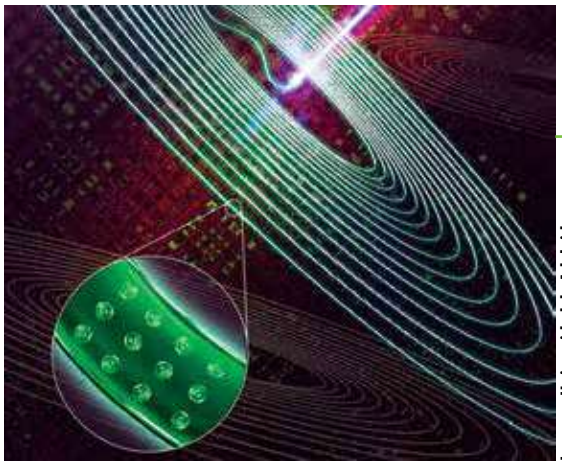


Imagen: Universidad de Adelaide

Representación gráfica de nanopartículas embebidas en cristal

actualmente se emplean sustancias de contraste para los estudios del cerebro, y en la que ahora podrían utilizarse nanopartículas fluorescentes en los instrumentos quirúrgicos de vidrio para guiar al especialista hasta el sitio del órgano donde requiera intervenir.

Asimismo, la técnica empleada garantiza la incorporación de nanopartículas en toda la estructura del vidrio sin dañarlo. Además, los investigadores señalaron que si bien emplearon nanopartículas de emisión de luz, podrían utilizarse con otras propiedades, como electrónicas o magnéticas, lo que abre la posibilidad de fabricar vidrios inteligentes para distintas aplicaciones tecnológicas.

LEYENDA COMPROBADA

A principios del siglo XIX, el naturalista alemán Alexander Von Humboldt y su colega francés Aimé Bonpland, recorrieron Venezuela en busca de especímenes vivos de anguila para sus estudios. Debido a que las anguilas eléctricas viven en el lodo de aguas poco profundas y no son fáciles de pescar por métodos tradicionales, los nativos de la zona recomendaron a los naturalistas emplear una técnica llamada pesca con caballo.

Ilustración: Robert H. Schomburgk, Biblioteca Naturalista

En esencia, lo que hicieron fue guiar a un grupo de caballos salvajes hasta el estanque donde estaban las anguilas. Asustadas por el movimiento y el ruido, éstas comenzaron a saltar fuera del agua, pegándose a las patas y vientre de los caballos, electrocutándolos.

Von Humboldt describió en su diario que si bien lograron matar dos caballos, los peces terminaron tan exhaustos de sus ataques, que los pescadores pudieron recogerlos sin problemas de la superficie con ayuda de palos.

Ese agresivo ataque de las anguilas se mantuvo como leyenda por más de 200 años. Hasta ahora, cuando el biólogo y neurólogo de la Universidad Vanderbilt, en Estados Unidos, Kenneth Catania, investigó la veracidad del relato. Usando objetos como la réplica de una cabeza de caimán dotada de lámparas LED, pudo determinar que los pulsos eléctricos de la anguila se disipan rápidamente dentro del agua, pero al saltar fuera, el propio cuerpo del animal reparte los polos de la descarga y la potencia de ésta golpea con toda su fuerza, según reporta en un artículo publicado recientemente en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences*.

CONFIRMAN ONDAS GRAVITACIONALES

Los científicos del Observatorio de Ondas Gravitacionales por Interferometría Láser (LIGO, por sus siglas en inglés) anunciaron una nueva detección de ondas gravitacionales, lo que sugiere el inicio de la astronomía de ondas gravitatorias como un medio para explorar nuevas fronteras del universo.

GW151226 es la segunda observación clara de una fusión de agujeros negros, tras la primera detección en meses pasados de WG150914, por los dos detectores gemelos de LIGO, ubicados en Livingston, Luisiana, y Hanford, Washington, Estados Unidos.

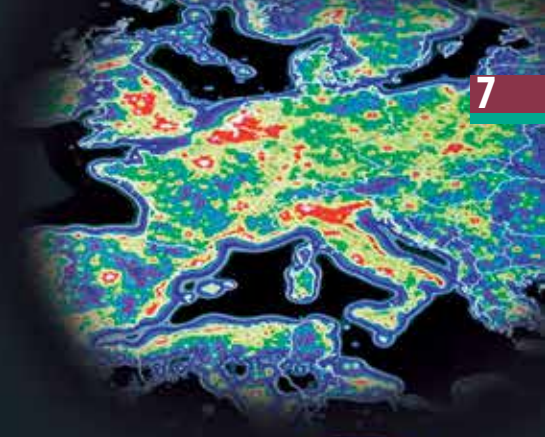
Esta nueva detección, publicada en *Physical Review Letters*, supone una confirmación de la Teoría de la Relatividad General en unos rangos de energía inalcanzables hasta ahora. Además confirma que la primera detección de LIGO no fue una casualidad y que este experimento se ha convertido en el primer observatorio capaz de "escuchar" el sonido de los fenómenos más violentos del universo, lo que proporciona una nueva manera de percibir el cosmos.

Las ondas gravitacionales recién descubiertas se generaron hace unos mil 400 millones de años, durante la fusión de dos agujeros negros uno de aproximadamente 14 veces la masa del Sol y el otro cerca de ocho veces, que lentamente habían dado vueltas cada vez más cerca el uno del otro y finalmente chocaron. Juntos formaron un solo agujero de 21 masas solares y en el momento de fundirse despidieron en un segundo toda la energía que alberga una estrella como el Sol.

"La potencia máxima de este evento equivale a toda la luz del universo observable y su liberación creó esas ondulaciones que curvaron el universo", explicó Alicia Sintes, física de la Universidad de las Islas Baleares y líder del único grupo español que colabora en LIGO.

Imagen: LIGO

CONTAMINACIÓN LUMÍNICA



Un equipo de astrónomos estadounidenses e italianos encabezados por Fabio Falchi, de la Universidad de Padua, Italia, crearon el primer Atlas Mundial del Brillo del Cielo Nocturno, que expone el impacto global de la contaminación lumínica.

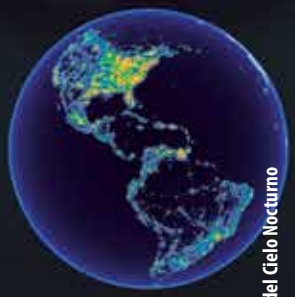
La publicación que trata de cuantificar el impacto global de la contaminación producida por la luz, indica que más del 80 por ciento de la población mundial no puede observar la Vía Láctea en la noche a simple vista, debido a la interferencia ocasionada por las fuentes de luz artificial.

El documento ofrece estadísticas e informes de la contaminación lumínica del planeta que facilita la comparación de los niveles nacionales y globales del fenómeno, además de mostrar que la magnitud del problema afecta a todos.

El Atlas será una herramienta importante para el estudio de la luz artificial como un factor que incide en la salud y genera consecuencias ecológicas. También permite establecer un punto preciso con el que se pueden comparar futuros incrementos o disminuciones de la contaminación lumínica mundial.

La contaminación lumínica ya no es sólo una molestia para los astrónomos. Tambien impide la observación a la población en general. Incluso pequeños aumentos en el brillo del cielo nocturno degradan esta experiencia, dicen los autores.

A pesar de su presencia global y el riesgo ambiental potencial, este tipo de contaminación ha recibido relativamente poca atención y a diferencia de otros contaminantes, los niveles de luz artificial están bien cuantificados.



El estudio muestra la situación de la contaminación lumínica en los años 1996 y 1997. En la actualidad el problema es más grave

Fotografías: Atlas Mundial del Brillo del Cielo Nocturno

Fotografía: Dan Duriscoe

Fotografía: Embajada de México en Alemania

CONSOLIDAN RELACIÓN CON ALEMANIA

En 1803 Alexander Von Humboldt arribó a la Ciudad de México como parte de su viaje de exploración por el continente americano, donde realizó observaciones en diversas áreas científicas. Estas experiencias fueron publicadas en una amplia obra titulada *Viaje a las regiones equinocciales del nuevo continente*.

Retomando el interés de cooperación del científico germano, los gobiernos de México y Alemania impulsaron la realización del Año Dual en 2016. En el marco de este acontecimiento el Cinvestav firmó un convenio académico con la Instalación para la Investigación de Antiprotones e Iones (FAIR por sus siglas en inglés), que busca promover la colaboración científica y tecnológica.

Este programa tiene el propósito de impulsar la investigación conjunta, por lo que el Cinvestav y el Instituto Fraunhofer de Biología Molecular y Ecología Aplicada de Alemania firmaron una carta de intención, con el objetivo de establecer una alianza bilateral para la investigación y desarrollo en el campo de ciencias biológicas, biotecnología, ecología aplicada y cuidado de la salud.

El documento fue firmado por los titulares de ambas instituciones, José Mustre de León y Rainer Fischer. Los testigos de honor fueron Patricia Espinosa Cantellano, embajadora de México en Alemania, y Enrique Cabrero Mendoza, director general del Conacyt.

Durante la Semana Mexicana de Ciencia y Tecnología, investigadores de este Centro ofrecieron conferencias para dar cuenta de trabajos conjuntos entre científicos mexicanos y alemanes. Participaron Eusebio Juaristi Cosío, adscrito al Departamento de Química, con el tema *Contribuciones recientes en el desarrollo de la organocatalisis asimétrica más sustentable*; Rafael Gutiérrez Aguilar, del Departamento de Farmacobiología, con la ponencia *Estudio de ensambles neuronales por los ensambles de neurólogos alemanes y mexicanos*; y Juan Muñoz Saldaña, de la Unidad Querétaro, con la conferencia *Desarrollo bilateral de nuevos materiales y procesos en aplicaciones aeronáuticas*.

Por su parte, Martha Espinosa Cantellano, coordinadora de Relaciones Internacionales del Cinvestav, hizo una presentación para exponer el trabajo de científicos alemanes que han elegido a este Centro para desarrollar sus líneas de investigación como Robert Winkler, Michael Schnoor, Andreas Köster, Axel Tiessen, Eduardo Weiss, Oliver Schütze y Martin Heil, quienes participan en áreas como la ingeniería genética, biomedicina molecular, química, computación e investigaciones educativas.

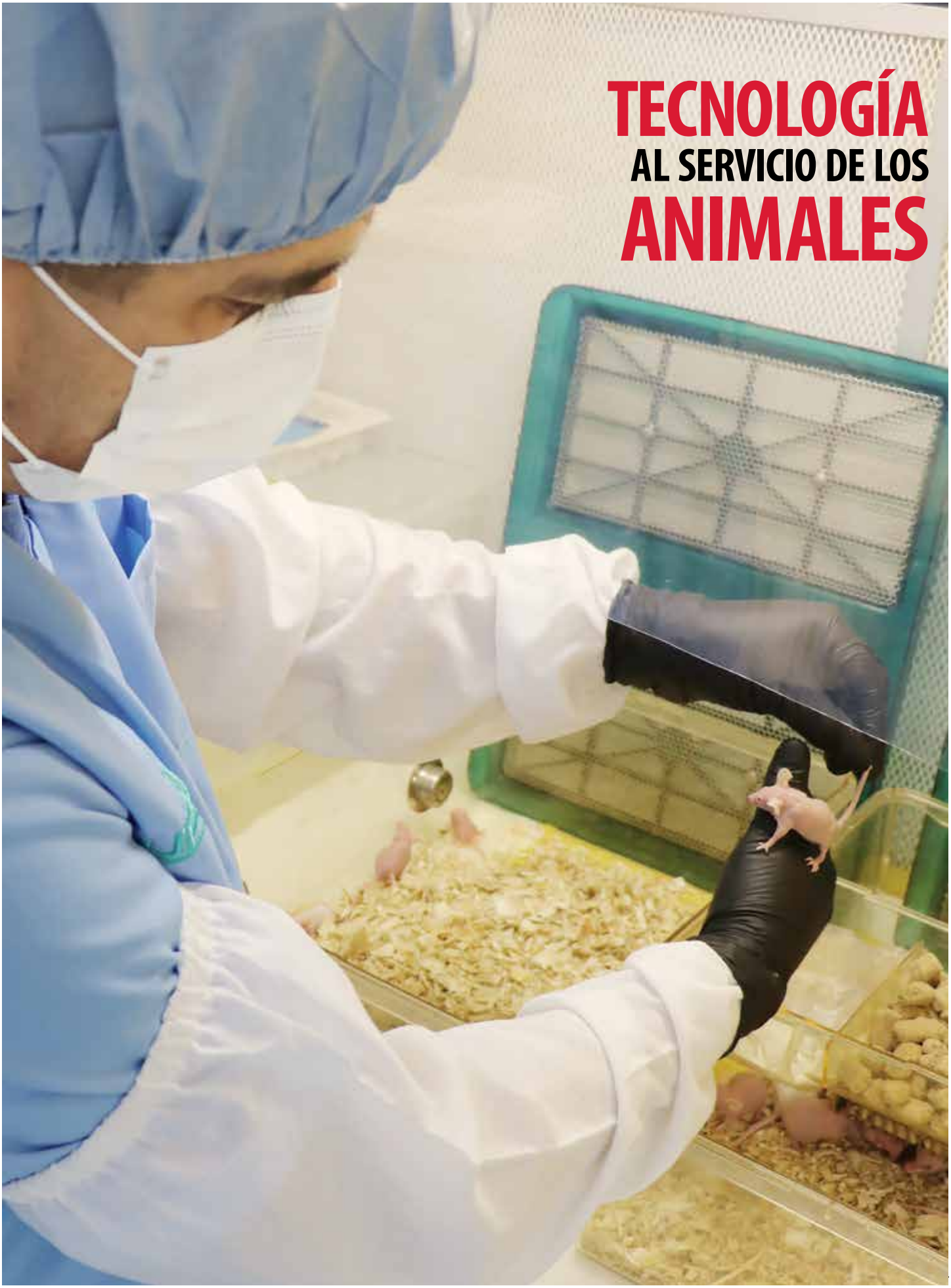
Raúl Rojas González, profesor de la Universidad Libre de Berlín y especialista en redes neuronales, tiene un programa de desarrollo de vehículos de control autónomo, y junto con su equipo construyó una docena de ellos a escala, que serán programados por estudiantes mexicanos para presentarse en dos competencias durante este año. La Unidad Mixta Internacional y el Cinvestav Unidad Saltillo participarán con dos vehículos que representarán al Centro.

En México, del 15 al 19 de junio la embajada de Alemania presentó la Expo Hecho en Alemania 2016, en la que participaron 68 empresas germanas establecidas en el país. La exposición se organizó alrededor del Túnel de la Ciencia, presentado por la Sociedad Max Planck, y el Cinvestav fue la única institución de investigación científica mexicana invitada a participar.

(Efrén Díaz)

En la Semana Mexicana de Ciencia y Tecnología organizada en Alemania, estuvieron presentes José Mustre, Enrique Cabrero y Patricia Espinosa, entre otros invitados

TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE LOS ANIMALES



1. Los animales de Upeal tienen las mejores condiciones de vida 2. Sala de control 3. Monitoreo permanente

En los últimos años el uso de animales para la investigación científica ha pasado de emplear especies medianas, como perros, simios o gatos, a usar otras de menor tamaño, entre las que figuran principalmente los roedores; incluso, se espera que en el corto plazo sea en peces donde se realicen las más novedosas pruebas científicas que involucren el próximo gran descubrimiento. En tanto eso sucede, la Unidad de Producción y Experimentación de Animales de Laboratorio (UPEAL) del Cinvestav es una de las pocas instancias en el país con la capacidad de albergar y garantizar el adecuado manejo de cualquiera de esas especies.

Esa característica le valió a la UPEAL ser reconocida por la revista especializada *ALN Magazine* con el Premio TurnKey como mejor bioterio en 2016. La distinción es la primera que obtiene una institución fuera de Estados Unidos y Canadá, lo que coloca al Cinvestav en una posición élite en el tema del manejo integral

80 diferentes especies

2 mil 578 m2 de construcción

72 modelos genéticamente modificados

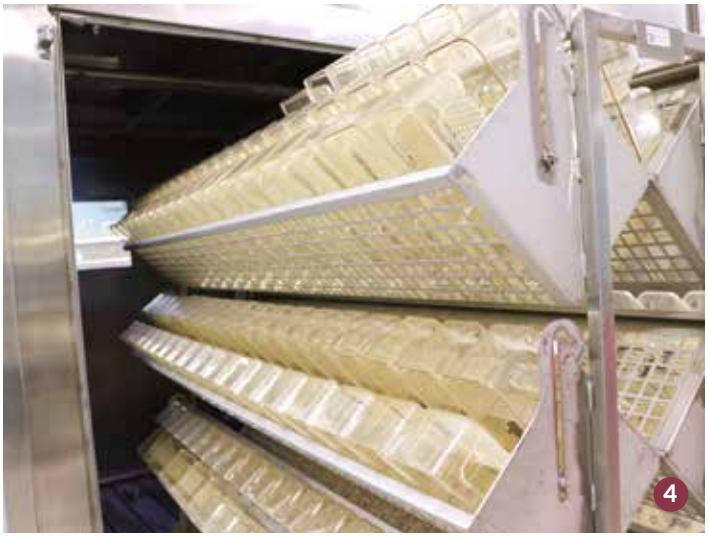
70 decibeles es el nivel máximo de ruido que genera el edificio

99.98% de partículas igual o mayor a 0.3 micrones son retenidas con un sisitema de doble filtracion HEPA

35 mil animales se demandan cada año

La disposición de desechos se realiza de acuerdo con la NOM 087-ECOL-SSA1

Sistema automatizado de iluminación que simula salidas y puestas de sol



4. Equipo de esterilización 5. Sistema automático de encamado 6. Iluminación regulada

de animales para uso científico. El Premio TurnKey al Bioterio del Año consiste en calificar, con base en los más altos estándares internacionales: diseño, construcción e integración entre el edificio y la tecnología, controlando las variables que puedan afectar al animal de laboratorio, como la temperatura, humedad, medición de ruido, iluminación y otros aspectos sanitarios que den certeza del bienestar de las especies.

Los animales que viven en la UPEAL tienen las mejores condiciones de bienestar a través de sistemas ventilados de alta densidad, ubicados en el interior de cuartos limpios y flexibles donde reciben aire doblemente filtrado del tipo HEPA, que significa tener 99.98 por ciento de eficiencia para retener partículas iguales o mayores a 0.3 micrones. Además, se encuentran en espacios donde se controla la sobrepoblación a fin de impedir el hacinamiento, y en consecuencia evitar al máximo las concentraciones de amoniaco en su microambiente. El bioterio cuenta con equipos automatizados para el proceso de lavado, desinfección, secado y disposición de encamado; donde el técnico retira el material sucio (de la caja donde vivieron los roedores), lo coloca en posición "boca abajo" y la banda lo transporta por todo el proceso, hasta la colocación del encamado al final del túnel. Finalmente pasa a un proceso de esterilización por vapor. Todo lo anterior excede los estándares de la NOM-062-ZOO-1999.

(Héctor de la Peña)

ARTÍCULO

TOXICOLOGÍA DE PARTÍCULAS

CON EL VIENTO EN CONTRA

Andrea De Vizcaya Ruiz
Gamaliel Aztatzi Aguilar
Departamento de Toxicología
avizcaya@cinvestav.mx
oaztatzie@cinvestav.mx

Ocho de cada de 10 personas que viven en zonas urbanas están expuestos a altos niveles de contaminación atmosférica, según la Organización Mundial de la Salud (OMS). La mala calidad del aire se define como la presencia de compuestos o sustancias (químicas, biológicas o físicas) ajenas a su composición natural que, además de interrumpir los equilibrios meteorológicos, tiene implicaciones negativas en los seres vivos y el medio ambiente.

El deterioro de la calidad del aire representa un riesgo para la salud, sobre todo en áreas de alta concentración poblacional y donde las emisiones rebasan los límites de "buena calidad del aire", por lo que fue necesario monitorear y estudiar este fenómeno ambiental.

El primer antecedente que despertó el interés de los científicos se dio en 1952 en Londres, Reino Unido. Un incremento, sin precedente, en las concentraciones de *smog* (nube o masa atmosférica contaminada que cubre grandes ciudades y es causada por emisiones industriales y calefacciones, escapes de los vehículos y otras fuentes), que tuvo como resultado un aumento en el número de enfermedades respiratorias y defunciones.

Fue a partir de los análisis estadísticos de series de tiempo, pieza clave para establecer la causalidad de los componentes de la mala o inadecuada calidad del aire, y de estudios epidemiológicos, en poblaciones expuestas, donde se marcó la relación en la temporalidad entre el registro de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos y el número de defunciones e incidencias de enfermedades.

En México, las acciones para dar a conocer y estimar el impacto de la contaminación del aire sobre la salud se dieron en 1986 con la puesta en marcha de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico en la Ciudad de México, hoy Dirección de Monitoreo Atmosférico de la Secretaría de Medio Ambiente, que rastrea y reporta los principales indicadores de calidad del aire.

En 1988 se decretó en el país la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente donde se señala que es necesaria la coordinación de los tres niveles de gobierno para ejecutar programas de gestión que mejoren la calidad del aire (ProAire). Para 1994, el Diario Oficial de la Federación publicó las primeras normas con relación a la contaminación atmosférica.

Posteriormente en 2006 se realizó el proyecto multidisciplinario The Megacity Initiative: Local and Global Research Observation, enfocado al estudio fisicoquímico de la atmósfera, con el objetivo de describir las características de la pluma urbana de gases y aerosoles que llegan a la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). Dentro de los hallazgos más relevantes se encontraron aumentos significativos en la absorción de radiación UV-visible proveniente de la quema de biomasa, aerosoles orgánicos secundarios y componentes de aerosoles

carbonáceos envejecidos, originados en su mayoría por fuentes antropogénicas; las cuales emanan del complejo industrial de Tula teniendo impactos relevantes en la atmósfera de la ZMVM y en el cambio climático (aumento de la temperatura).

Actualmente es la Comisión Ambiental de la Megalópolis, la que lleva a cabo la imposición de medidas ambientales para el mejoramiento y gestión de la calidad del aire.

Los contaminantes atmosféricos tienen dos orígenes: los naturales y los antropogénicos. Los primeros se encuentran en cualquier región y derivan de las tolvaneras, incendios naturales, aerosoles de las costas y emisiones volcánicas, entre otros. En el caso de los contaminantes de origen antropogénico existe una lista infinita que deriva de diversas fuentes de emisión, que pueden ser fijas (industrias, refinerías, entre otras) o móviles (transportes motorizados).

Todas estas fuentes emiten contaminantes a la atmósfera, los cuales conocemos como emisiones primarias que se generan durante los procesos de combustión como son el dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), monóxido de nitrógeno (NO), hidrocarburos (HC) y compuestos orgánicos volátiles (COVs), que al reaccionar entre sí en presencia de los rayos ultravioleta (reacciones fotoquímicas), y con influencia de la temperatura ambiental y la humedad, dan origen a los contaminantes secundarios como peroxiacetil-nitrato (PAN), hidrocarburos (HC), sulfatos (SO_4), nitratos (NO_3), ácido sulfúrico (H_2SO_4), y el ozono (O_3), el cual constituye uno de los principales problemas de contaminación en nuestra región, por los altos niveles que presenta.

Uno de los contaminantes sólidos presentes en el aire es el material particulado o material suspendido (PM, por sus siglas en inglés) que es generado durante la combustión de gasolina u otros combustibles fósiles, las emisiones industriales, o bien la suspensión de suelos (tolvaneras) o emisiones volcánicas. Está considerado como un representativo dentro del estado de los contaminantes en el aire; se presenta de manera polidispersa en diferentes tamaños, con una composición compleja que depende de las condiciones ambientales, horario, fuente de emisión y temporada del año.

La OMS ha señalado que la exposición al PM está involucrada en diversas patologías a nivel pulmonar, debido a que han sido relacionadas con procesos inflamatorios en las vías respiratorias profundas, lo que puede desencadenar enfermedades como asma y bronquitis crónica e interferir con la respuesta inmune contra agentes infecciosos. También son un factor de riesgo para afecciones cardiovasculares, ya que han sido asociados con infartos, arritmias y muerte súbita.

En 2013 la Agencia Internacional para la Investigación en Cáncer clasificó el aire contaminado por PM en el Grupo-1, es decir, como un carcinógeno para los humanos.

De acuerdo con la OMS el PM es un contaminante perjudicial para la salud y el bienestar de los seres humanos, al señalar que no hay límite o nivel seguro para evitar los efectos nocivos de las partículas, por lo que recomienda disminuir sus concentraciones tanto como sea posible.

El informe de los *Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*, sugiere que una disminución en los niveles de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y ozono, puede evitar un número significativo de incidencias en enfermedades cardiopulmonares y muertes asociadas.

Como parte de las necesidades y demandas en ciencia básica en nuestro país, el Departamento de Toxicología del Cinvestav aborda, desde hace 17 años, problemas de salud ambiental en materia de exposición a contaminantes atmosféricos, teniendo como principal tema de estudio el PM.

Es importante resaltar que la toxicología de partículas, dentro de la toxicología inhalatoria, presenta grandes retos debido a que: 1) además de ser involuntaria, no se puede estimar la dosis exacta

de exposición de un individuo; 2) no sólo representa un daño a nivel pulmonar, sino también puede contribuir al daño de otros aparatos y sistemas del organismo como el cardiovascular y el nervioso central; 3) la condición fisiológica intrínseca del aparato respiratorio de cada individuo influye en el proceso de toxicidad así como factores biológicos como la edad y género, y 4) el estudio de contaminantes en el aire requiere de infraestructura novedosa que apoye al mantenimiento de los modelos experimentales en condiciones libres de cualquier aerosol o gas dañino, así como con equipos generadores de atmósferas artificiales que representen o simulen una exposición.

Nuestras investigaciones se han enfocado al uso de modelos biológicos *in vitro* e *in vivo* para caracterizar los efectos adversos de la exposición al PM. El monitoreo ambiental de las concentraciones del PM se basa en el registro de las concentraciones de partículas suspendidas totales (PST), material particulado menor a PM_{10} y menor a $PM_{2.5}$. Aportamos información de cómo las fracciones de partículas tienen un efecto tóxico dependiendo del tamaño, tiempo de exposición, composición y cómo estos factores influyen en las respuestas biológicas de estrés oxidante e inflamación, impactando la función respiratoria o cardiovascular, en general alterando la homeostasis.

Los estudios en modelos *in vitro*, empleando células de epitelio alveolar humano, muestran que las partículas de la Ciudad de México son potencialmente citotóxicas y capaces de inducir genotoxicidad, efecto asociado a los componentes hidrosolubles y a la formación física de las partículas. Asimismo hemos participado en la caracterización que la composición del PM, la cual presenta variación estacional y regional en la ZMVM.

Una hipótesis central en este estudio ha sido caracterizar el efecto de cada fracción del PM. En colaboración con la Universidad de California, Irvine, llevamos a cabo la exposición *in vivo* de cuerpo completo (roedor), utilizando un concentrador de aerosoles, el cual puede colectar, separar y exponer a modelos experimentales a fracciones de partículas gruesas (2.5 -10 µm), finas (≥2.5 µm) y ultrafinas (≥0.1 µm) , es decir una muestra de la ZMVM.

Usando esta estrategia observamos que la exposición a cada una de las fracciones del PM induce diferentes respuestas biológicas en el modelo de roedor. Una de ellas fue que la exposición corta (tres días) y media (ocho semanas) a partículas gruesas no induce un proceso de estrés oxidante en tejido pulmonar; sin embargo, partículas finas y ultrafinas inducen la activación de elementos de la respuesta antioxidante, como es la hemoxigenasa-1 (defensa contra agentes oxidantes), en el tejido pulmonar en ambos tiempos de exposición y además este efecto puede transcender a otros tejidos lejanos del pulmón como es la arteria aorta, que tras una exposición subcrónica presentó un aumento en la respuesta antioxidante. Lo que se traduce a conocer, que un daño que inicia el en tejido pulmonar y vías respiratorias también afecta al sistema cardiovascular.

En muestras de cerebro observamos que estructuras como el bulbo olfatorio, la corteza prefrontal, el neoestriado e hipocampo son susceptibles a la toxicidad de los tres tipos de partículas de nuestra ciudad, induciendo la expresión de genes antioxidantes (HO-1 y SOD-2) y de inflamación (IL-1β y TNFα). Se contempló que independientemente del tamaño de partícula se pueden inducir alteraciones moleculares capaces de contribuir al deterioro temprano del encéfalo y exacerbar el desarrollo de enfermedades neurológicas, como Parkinson y Alzheimer, siendo

el neoestriado la estructura más susceptible a este efecto. También se observó que la exposición a partículas finas induce cambios en los receptores de neurotransmisores como dopamina (D_2R) y serotonina ($5HT_{1A}$) en el neoestriado, confirmando que los efectos de la exposición al PM inducen cambios bioquímicos que podrían contribuir a cambios conductuales y de aprendizaje.

Por otro lado, la evidencia epidemiológica ha señalado que la exposición al PM está asociado con el incremento en la morbi-mortalidad por enfermedades relacionadas al sistema cardiovascular. Un mediador del deterioro cardiovascular es el sistema endocrino de angiotensina/bradicinina, ambos péptidos median el tono vascular. El primero concilia el proceso de vaso constricción y proliferación celular; el segundo es un vaso dilatador y mediador de la apoptosis (muerte celular programada). Este sistema es ubicuo en nuestro organismo y presenta una regulación endocrina (entre diferentes órganos), paracrina (en el mismo tejido) e autocrina (intracelular).

Nuestras evidencias indican un daño en tejidos lejanos (cerebro, aorta, corazón) al sitio de ingreso del PM (vías respiratorias y pulmones). También se demostró, con base en la regulación del sistema de angiotensina multiorgánico, que la salud de órganos como el riñón también se ve comprometida ante la exposición de partículas, lo que influye en el deterioro renal temprano.

Observamos un aumento en las concentraciones urinarias de los biomarcadores Cistatina-C y β-2-microglobulina. Este efecto fue acompañado por una disminución en la tasa de filtración glomerular, el aumento en los niveles de expresión del AT1R (receptor de membrana que media las acciones de la angiotensina tipo II como son la vasoconstricción y vasodilatación, regulación del volumen de sangre y el crecimiento celular entre otras), una depleción de antioxidantes, una disminución de las concentraciones de citosinas pro y antiinflamatorias, la presencia de lesiones renales tubulares con infiltrado celular intertubular, la presencia temprana de depósitos de colágeno y el incremento de marcadores de daño renal temprano (KIM-1).

Estas evidencias sustentan, como también ha sido señalado por otros grupos de investigación, que la exposición al PM en sus fracciones finas y ultrafinas resulta un factor que contribuye a otras enfermedades crónicas relacionadas con aparatos y sistemas distintos al cardiopulmonar, como pueden ser renales o metabólicas, es decir, puede haber implicaciones de toxicidad sistémica.

Toda vez que la problemática de calidad del aire y su toxicidad es un área dinámica de estudio, tanto por el impacto en poblaciones (epidemiología) como por el entendimiento de los procesos celulares y moleculares involucrados (toxicología), nuestra disciplina es una herramienta necesaria para identificar, evaluar y mitigar a los agentes que contribuyen (tipo de contaminante, fuentes de emisión y caracterización fisicoquímica) en la afectación de la salud.

Las acciones de política pública, aisladas y temporales, que se pusieron en marcha en meses pasados en la ZMVM, con el fin de mejorar la calidad del aire, evidenciaron la necesidad de conjuntar esfuerzos multidisciplinarios para solucionar una problemática tan compleja.

Es claro que las “acciones” y “programas” propuestos persiguen los mismos objetivos desde hace 20 años, y los beneficios aún no son perceptibles, por lo que es necesario generar estrategias viables para mejorar la calidad del aire, tanto a nivel de políticas públicas uniendo esfuerzos con científicos, técnicos, sociólogos, comunicadores y la sociedad civil.

A RAÍZ DE SUELO

Wendolin Collazo Rodríguez
Subdirección de Intercambio Académico
wendolin.collazo@cinvestav.mx

Cuando se habla de contaminación, normalmente se hace referencia al aire o el agua, dejando de lado los suelos, los cuales son utilizados como un recurso sin vida que sólo sirven para acumular o tirar cualquier producto. No se considera que el suelo es un espacio lleno de biodiversidad que cumple con funciones vitales para el planeta. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) asegura que hay más organismos en una cucharada de suelo sano que gente en el mundo.

Mantener el suelo en buenas condiciones es un reto y una necesidad para la población, sobre todo para las zonas urbanas, donde además de proporcionar diversos servicios como la producción de biomasa, la regulación del flujo del agua en la ciudad, el mantenimiento de la biodiversidad, el mejoramiento de la calidad del aire, la moderación del clima a nivel local, el almacenamiento de carbono y la protección de capital natural de suelo, también funciona como soporte de edificaciones, infraestructura de caminos y manejo de residuos.

Datos de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales consignan que 45.2 por ciento del suelo está afectado por algún tipo de degradación.

Los servicios ambientales que provee el suelo son poco valorados en las ciudades. Básicamente se concibe como soporte de construcciones o infraestructura, lo que favorece prácticas para aislarlo o sellarlo, al tiempo que impide la infiltración de agua dando origen a inundaciones, que conllevan a la pérdida de biodiversidad o recarga de acuíferos. Estos problemas demandan altas inversiones para ser resueltos y en muchas ocasiones el daño provocado es irreversible.

Luc Dendooven, investigador del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav, definió al suelo como un componente clave en el mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos, ya que actúa como un reactor complejo capaz de llevar a cabo funciones de infiltración de agua, descomposición de la materia orgánica, neutralización e inactivación de algunos contaminantes y almacenamiento de nutrientes. Se entiende como una barrera protectora de otros medios más sensibles, entre los que destacan lagos, ríos y demás componentes hidrológicos. La mayoría de

los suelos tienen elevada capacidad de depuración comportándose como recuperadores ambientales. El investigador de origen belga comentó que la contaminación del suelo se define como la acumulación de sustancias que provienen de distintas actividades, alcanzando concentraciones tóxicas para los organismos que viven en este medio e impiden los balances naturales que hacen de la tierra una matriz regeneradora y de soporte de vida para los ecosistemas continentales.

Esta contaminación implica algún grado de degradación física, que incluye la erosión hídrica y eólica; degradación química, que refiere a la pérdida de nutrientes o de fertilidad, que se puede dar por el uso indiscriminado de herbicidas, plaguicidas o fertilizantes; y la degradación biológica que se considera la pérdida de materia orgánica, así como la alteración de la microbiota y la fauna del suelo. Dependiendo del nivel de contaminación puede ocurrir una pérdida parcial o total de la productividad de éste.

Información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi) confirma que la degradación química es la que más afecta al país con cerca de 130 mil km^2, ubicados principalmente en zonas agrícolas de regadío. En lo que a degradación física se refiere, ésta perjudica un área aproximada de 34 mil 898 km^2 siendo las principales causas la urbanización (7.5 mil km^2), la acidificación (10.8 mil km^2), la compactación (5.5 mil km^2) y las inundaciones (11 mil km^2). Por último está la degradación biológica, que afecta 3.6 por ciento del territorio, mayoritariamente a la Península de Yucatán.

Blanca Prado, investigadora del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), comentó que el uso que se le da al suelo urbano al sellarlo o utilizarlo como vertedero, provoca que la tierra en las ciudades se enfrente a los tres tipos de degradación, ocasionando un profundo daño que impide su depuración o recuperación.

"Al cubrir las ciudades con materiales como el concreto o asfalto, para que nuestros coches circulen o edificar, afectamos la función ecológica del suelo repercutiendo directamente en el bienestar de la población, ya que se inhibe la emergencia de las plantas, la infiltración y aumenta la escorrentía y la erosión", señaló la investigadora.

Aunque el suelo urbano representa sólo uno por ciento del total del territorio nacional (un millón 973 mil km^2), el Consejo Nacional de Población asegura que 72 por ciento de los habitantes del país vive en zonas urbanas, es decir 81.2 millones de personas.

La investigadora mencionó que al interrumpir las funciones ecosistémicas del suelo se ocasionan problemas de contaminación que muchas veces conllevan cuestiones sanitarias y de salud. Aseguró que por este fenómeno, además de generar un problema para la recarga de acuíferos, "también se impide que crezcan las plantas, evitando que cumplan con su función de capturar bióxido de carbono y producir oxígeno, un elemento clave en la contaminación ambiental".

Datos de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México indican que del área total de esta entidad, mil 498 km^2, 47 por ciento está sellada. Esto influye directamente en fenómenos ambientales como la seguridad alimentaria, el clima local y global o el incremento de la temperatura urbana, en general sobre el bienestar de las personas.

Otra de las consecuencias de la urbanización del suelo es que "las grandes ciudades tienen una temperatura más alta que las zonas rurales cercanas", explicó Luc Dendooven.

Este fenómeno se asocia con una progresiva pérdida del entorno natural y vegetal, sustituyéndolo por superficies impermeables. El aumento de la temperatura ambiental origina un incremento en el nivel de estrés hídrico de la vegetación, la deshidratación del suelo y la sequedad del aire, lo que puede crear condiciones de riesgo para la salud de los habitantes y problemas relacionados con el consumo y suministro de energía.

El incremento de la temperatura en zonas urbanas se considera contaminación, según Blanca Prado, porque limita la condición de respiración natural que tiene la tierra y se convierte también en un factor que evita que los contaminantes se dispersen de forma rápida, lo que da como resultado las llamadas "islas de calor", derivadas de la construcción con hormigón, asfalto, ladrillos y piedras, elementos que se convierten en absorbentes del calor.

La investigadora explicó que una solución para disminuir el aumento de la temperatura en las urbes son las zonas verdes o las azoteas verdes. La Organización Mundial de la Salud recomienda para mantener un equilibrio ambiental y una mejor calidad de vida en las ciudades, que cada habitante tenga al menos 10 m^2 de áreas verdes, pero en la Ciudad de México se tiene en promedio 5.3 m^2, según el Instituto de Ecología de la UNAM.

Los suelos están expuestos a una variedad de contaminantes; pero a decir de Blanca Prado, el problema más representativo de contaminación en el caso de suelos urbanos son los desechos generados por la población, "estamos acostumbrados a utilizar a los suelos como cementerios de desperdicios, el peligro es que la basura contiene compuestos de todo tipo, como los farmacéuticos o productos de limpieza que al ponerse en solución con el agua de lluvia generan lixiviados que empiezan a moverse a través del suelo, contaminándolo".

La disposición final de los residuos sólidos o basura es en su mayoría en el relleno sanitario o en terrenos conocidos como tiraderos a cielo abierto, que ocasionan diversas afectaciones al entorno. En la operación de estos sitios se generan dos tipos de emisiones: las gaseosas y las líquidas; las primeras están compuestas principalmente por metano y bióxido de carbono, en tanto que las segundas son lixiviados. Estos últimos provienen de desechos heterogéneos en composición y arrastran todo tipo de contaminantes, muchos de ellos en concentraciones elevadas, por lo que son catalogados como uno de los residuos más complejos y difíciles de tratar.

Los lixiviados contienen concentraciones elevadas de contaminantes orgánicos e inorgánicos. Datos del Instituto Nacional de Ecología manifiestan que aunque la composición de un lixiviado producido en un vertedero puede ser muy compleja, existen características más o menos comunes en este tipo de instalaciones: 1) hidrocarburos solubles; 2) nitrógeno orgánico y amoniacal; 3) metales pesados como cadmio, níquel, zinc, plomo, y 4) salinidad elevada.

El Inegi asegura que en el país cada habitante genera 769 gramos de basura al día, excepto en la Ciudad de México, donde la cifra se eleva hasta dos kilogramos. Los desechos que predominan en las urbes son los plásticos, cartones, papel, restos de comida, madera, cenizas, envases de cristal y de metal o de hojalata; que se acumulan en lugares destinados para ello al aire libre y que originan muchos problemas higiénicos y la proliferación de enfermedades.

Los basureros causan problemas ambientales que afectan el suelo, el agua y el aire: la capa vegetal originaria de la zona desaparece, hay una erosión del suelo, contamina a la atmósfera con materiales inertes y microorganismos. Con el tiempo, alguna parte de ellos se irá descomponiendo y dará lugar a nuevos componentes químicos que provocarán la contaminación del medio.

El suelo no sólo constituye la base de los alimentos humanos, forraje, fibra y combustible, sino que ofrece también servicios que van más allá de las funciones productivas. Constituye la dimensión espacial del desarrollo de los asentamientos humanos, proporciona materias primas, incluidos el agua, los minerales y los materiales de construcción. El suelo es una parte esencial del paisaje. Cada suelo desempeña diferentes funciones y presenta un grado distinto de vulnerabilidad a las diversas presiones. En cualquier caso es un recurso limitado, y aunque se pueden recuperar algunas de sus funciones, no es un medio renovable.

Dado que el suelo tiene múltiples usuarios, debe considerarse de forma integral en distintos niveles para que permita al planeta ser un lugar habitable.

¡AGUAS! CONTAMINACIÓN HÍDRICA EN MÉXICO

Efrén Díaz Millán
Subdirección de Intercambio Académico
ediazm@cinvestav.mx

La contaminación ambiental es un fenómeno complejo que se debe observar desde diversas perspectivas, ya que tiene un impacto directo en el bienestar del ser humano. De manera particular la de tipo hídrico representa un tema de importancia para el país por los riesgos que representa a la salud pública.

Las *Estadísticas del Agua en México 2015*, publicadas por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y la Comisión Nacional del Agua (Conagua), establecen que cada año el país dispone de un millón 449 mil 471 m^3 de agua provenientes de la lluvia (renovable) y se calcula que 72.5 por ciento se evapora, 22.2 se escurre por los ríos y 6.4 se filtra al subsuelo de forma natural.

Además, datos del *Atlas del Agua en México 2015* indican que el país tuvo en 2014 una disponibilidad *per cápita* nacional de 3 mil 736 m^3 por habitante y de acuerdo con las *Estadísticas del Agua* del total del líquido disponible 76.7 por ciento se emplea para actividades agrícolas, 14.2 en abastecimiento público, 4.2 para trabajos industriales y 4.9 en generación de electricidad.

Además de la disponibilidad del agua, también se debe observar su calidad, que generalmente afecta a diversos ecosistemas cuando se desecha después de ser usada, que se evalúa con tres parámetros: a) demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO_5), provoca una disminución en la cantidad de oxígeno disuelto, indispensable para la vida en los ecosistemas acuáticos, en su mayoría proviene de zonas urbanas; b) demanda química de oxígeno (DQO), señala la cantidad de materia orgánica que es oxidada o degradada por medios químicos, también se genera en centros urbanos y c) sólidos suspendidos totales (SST), desechados en aguas residuales o generados por procesos de erosión en zonas agrícolas.

En 2014 la Conagua realizó un monitoreo de la calidad del agua analizando 5 mil puntos en todo el país (incluía agua superficial, subterránea y costera). Reportó que 248 sitios se encontraban fuertemente contaminados. En el indicador que resultó peor evaluado fue el DQO, que en términos porcentuales a nivel nacional reportó 40.2 de agua contaminada, 5.0 de fuertemente contaminada, 35.6 aceptable, 15.5 con buena calidad y sólo 3.7 como excelente. El mejor indicador lo registró el SST que obtuvo 52.2 como excelente la calidad del agua, 32.3 con buena y 8.7 como aceptable, 4.9 contaminada y 1.9 fuertemente contaminada; es decir, en general el agua en el país es de mala calidad.

Fotografías: Conagua

Aguas negras

Un ejemplo emblemático de la contaminación hídrica es la Ciudad de México, porque datos del Sistema de Aguas señalan que cada uno de sus habitantes gasta en promedio 300 litros al día, el doble de Francia o Alemania. El documento *Túnel Emisor Oriente*, de la Semarnat 2008, indica que la urbe vierte más de 725 millones de metros cúbicos de aguas negras anuales al estado de Hidalgo, con una carga contaminante de 180 mil toneladas de SST.

La contaminación del agua en el país y sus megalópolis es preocupante. Información de *Numeragua México 2015* registra la existencia de 4 mil 976 plantas para tratar descargas urbanas o de origen industrial, que en conjunto colectan 4 mil 224 m^3 y depuran mil 769 m^3. Así, la capacidad de tratamiento en el Valle de México es de seis por ciento, mientras urbes de países desarrollados llegan a 90 por ciento. La posibilidad de saneamiento de la megalópolis aumentará a 60 por ciento cuando opere completamente la planta de Atotonilco, Hidalgo, cuya capacidad será de 23 m^3 por segundo.

La contaminación hídrica tiene efecto directo en la salud de los humanos, principalmente en sectores infantiles, por la exposición e ingesta de patógenos que provocan enfermedades como hepatitis viral, tifoidea, cólera, disentería, entre otras causantes de diarrea, además de componentes químicos o metales pesados (como arsénico, nitratos y flúor), antibióticos, fertilizantes y plaguicidas, relacionados con otros padecimientos.

La planta de tratamiento de aguas residuales de Atotonilco, Hidalgo, tiene una superficie de 158.4 hectáreas. Se considera la cuarta más importante del mundo por su tamaño, tecnología y capacidad de depuración

Por ello, el saneamiento de aguas residuales puede usar tres métodos: primario, que ajusta el pH y remueve materiales orgánicos o inorgánicos en suspensión; secundario, remueve materiales orgánicos coloidales y disueltos, y terciario, remueve materiales disueltos que incluyen gases, sustancias orgánicas naturales y sintéticas, iones, bacterias y virus. En 2014 con estos procesos se depuraron 65.6 m^3 de agua por segundo en el país.

Para atender la contaminación del agua, investigadores del Cinvestav proponen métodos y desarrollos tecnológicos que incorporan novedosas técnicas para la depuración de aguas negras e industriales. Por ejemplo, Refugio Rodríguez Vázquez, investigadora del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería, diseña procesos combinados mediante la utilización de bacterias, hongos y otros microorganismos que se complementan con materiales del tamaño de átomos o moléculas.

El proyecto utiliza un método primario basado en material de origen biológico como hongos para tratar aguas residuales de la industria papelera y textil, que contiene una alta carga orgánica, contaminantes tóxicos (fenoles, compuestos clorados, pigmentos y azúcares) y microorganismos (bacterias y hongos); un secundario, mediante procesos de sedimentación, coagulación, filtración y electrocoagulación, con el propósito de eliminar el alto contenido de metales y, un terciario, con nanotecnología que permite remover en tiempos relativamente cortos (20 a 90 minutos) diversos contaminantes orgánicos tóxicos y eliminar microorganismos.

Lo novedoso del método es combinar procesos biológicos con nanotecnología: primero se emplean hongos, aplicados por contacto o inmovilizados en materiales inertes, como la espuma de poliuretano, que permite a los organismos utilizar la materia orgánica, el nitrógeno y el fósforo, incluyendo los metales, para su crecimiento; y, segundo, se usa un reactor nanotecnológico, diseñado en el Cinvestav, que contiene un soporte inerte con nanocristales de óxido de titanio, que combina aire y una fuente de energía para eliminar, en poco tiempo, los microorganismos patógenos, remover la carga orgánica restante (reducida previamente con los procesos secundarios, entre 59 y 84 por ciento), el nitrógeno y el fósforo del agua, con valores superiores al 90 por ciento. Con estos procesos se tiene una capacidad de depurar hasta 60 mil litros de agua por día.

La mayor dificultad que enfrenta el saneamiento de aguas en la ciudad es la remoción de nitrógeno y fósforo, presente en altas cantidades, así como eliminar microorganismos patógenos, como la *Salmonella*, *E. coli*, *coliformes* totales o *coliformes* fecales, entre otros, que causan enfermedades gastrointestinales. Sin embargo, "el agua tratada con este método presenta una calidad apta para el riego y podría ser aplicada en diversos cultivos, como las hortalizas para consumo humano, sin ningún riesgo porque ya no contiene contaminantes orgánicos o químicos tóxicos", mencionó Rodríguez Vázquez.

Fármacos que afectan al recurso

Responder a la contaminación hídrica también implica el análisis de la farmacología y ecotoxicidad en cuerpos de agua dulce, tarea a la que se ha dedicado Liliana Favari Perozzi, especialista del Departamento de Farmacología, ya que diversos estudios han identificado medicamentos que los contaminan y al interactuar en ese medio producen efectos poco analizados. "Se han encontrado agentes citotóxicos, antibióticos, analgésicos, espasmolíticos, hormonas, beta bloqueadores, antineoplásicos, sedantes, medios de contraste y desinfectantes en los ecosistemas acuáticos, así como bacterias resistentes a varios antibióticos; en 2011, se detectaron analgésicos y cafeína en el agua de la Riviera Maya", sostuvo la investigadora. Estas sustancias contaminantes regularmente se desechan por el tracto digestivo de quien los usa y luego se vierten al drenaje hasta que llegan a los cuerpos de agua.

Favari Perozzi también señaló que los medicamentos antidepresivos como la fluoxetina pudieron desencadenar el desove de los mariscos y alterar su balance ecológico; las hormonas y los compuestos que alteran procesos fisiológicos también son activos en organismos del medio ambiente en concentraciones muy bajas causando efectos a nivel individual y de población. La contaminacion acuática por medicamentos es peligrosa para la biota acuática y puede causar problemas al humano cuando la consume de forma directa o a través de los alimentos como pescado o mariscos.

Al cierre de

2014

a nivel nacional

92.4%

de la población tenía cobertura de agua potable

95.1%

pertenece a zonas urbanas

Acuíferos afectados

Otra fuente de contaminación en los acuíferos es el arsénico, presente en algunas zonas desérticas y semidesérticas (encontrado en 13 estados, que llega a alcanzar mil 350 microgramos por litro, cifra superior a la permitida en la NOM-127-SSA1, de 25 microgramos). Por ello Eddie López Honorato, investigador del Cinvestav Unidad Saltillo, desarrolla prototipos de materiales capaces de absorber eficiente y selectivamente el mineral.

Se experimentan con calixarenos, moléculas que logran atrapar selectivamente las formas solubles del arsénico. "El calixareno funciona como la palma de una mano y los dedos serían los grupos funcionales que se ponen en la parte superior de él; así las moléculas de arsénico caben exactamente en la mano y los dedos hacen que la sujete y no se escapen", explicó López Honorato.

Además, detalló que "cuando hay sales en el agua, éstas bloquean la superficie del material, impidiendo la absorción del arsénico, eso reduce la eficiencia del material, eleva los costos y hace más complejo remover la sustancia. Lo que tratamos de hacer es diseñar superficies y nanomateriales que sean específicos para arsénico".

Un tema adicional de atención de la ciencia es la contaminación del agua potable por *Giardia duodenalis*, que representa un problema de salud en el país, porque la mitad de la población ha sufrido la enfermedad que genera, explicó Rosa María del Refugio Bermúdez Cruz, investigadora del Departamento de Genética y Biología Molecular. "La giardiasis se adquiere por consumir agua o alimentos contaminados con materia fecal y sus quistes resisten métodos de potabilización como la cloración", refirió. La enfermedad genera trastornos importantes, especialmente en niños, porque provoca infección crónica que produce diarrea, cólicos o flatulencias, causando la disminución en la capacidad de absorción de nutrientes en el intestino.

El trabajo de Bermúdez Cruz pretende alterar el ADN del parásito y provocar su muerte. La giardiasis tiene un mecanismo de autorreparación el cual se estudia con el propósito de diseñar un fármaco que lo evite y combinarlo con otros, a fin de impedir la infección. La giardiasis tiene una prevalencia muy alta, por el número de hospederos (perros, gatos, ratas y ganado), además de los humanos y recientemente se encontró que hasta las focas y gaviotas son portadores de la *giardia*.

La contaminación del agua es un fenómeno amplio y complejo que requiere respuestas innovadoras capaces de generar propuestas tecnológicas o analíticas que contribuyan a mejorar, depurar y limpiar este imprescindible recurso.

INGENIERÍA ELÉCTRICA

UN BRILLANTE LEGADO

Fotografías: archivo Cinvestav

En la Antigüedad y parte de la Edad Media, la enseñanza en las escuelas se dividió en dos grandes secciones que abarcaban todos los senderos para acceder al conocimiento: el Trivium (en latín significa tres vías o caminos), que abarcaba la gramática, la retórica y la dialéctica; y el Cuadrivum (cuatro vías), que comprendía la aritmética, la astronomía, la geometría y la música.

El propósito de enseñar estas artes liberales, como se denominaban por aquella época, era justamente lo que sugiere su nombre: transmitir el conocimiento universal y formar, a través del ejercicio de la razón, hombres libres e ilustrados.

Desde sus orígenes y bajo la batuta de su director fundador Arturo Rosenblueth, el Cinvestav también buscó una formación académica de excelencia, afincada en una suerte de moderno "Cuadrivium" que apelaba ya no al saber clásico antiguo, sino al conocimiento científico que comenzó a cultivarse y enseñarse en sus cuatro departamentos fundadores: Física, Fisiología, Matemáticas e Ingeniería Eléctrica, este último con un interés particular en las telecomunicaciones. El Departamento fue establecido en 1963, dos años después de la constitución formal del Cinvestav. A pesar de que inicialmente enfrentó problemas como la falta de personal calificado, que por entonces era escaso en el país, con el paso del tiempo logró consolidarse y hacer notables aportaciones al desarrollo de la ciencia, la tecnología y la formación de recursos humanos.

Comienzo demorado

En la época de la fundación del Cinvestav, la misma década en la que tomó vuelo la carrera espacial, que culminó con la llegada de una misión tripulada de la NASA a la Luna, la Apolo XI, la ingeniería eléctrica no se separaba de lo que ahora son disciplinas autónomas como comunicaciones, electrónica, computación, control automático y mecatrónica.

Esta separación ocurrió cuando aparecieron las máquinas y dispositivos calculadores con semiconductores, así como las memorias de alta integración acompañados de los dispositivos de cálculo de alta integración.

Los primeros procesadores de la información marcan el gran cambio producido con el arranque de la electrónica de alta integración, hasta la revolución tecnológica del presente, que no se entendería sin la etapa del nacimiento y desarrollo de la electrónica. Actividades que fueron precedidas por el desarrollo de las máquinas eléctricas (generadores, motores, transformadores) del siglo XIX.

En la década de los 60 del siglo XX, debido a los requerimientos tecnológicos de las misiones espaciales, comenzaron a diseñarse y fabricarse componentes electrónicos para las estaciones en tierra y las misiones espaciales, además de sistemas de cómputo y celdas solares destinadas a abastecer de energía a las sondas y satélites artificiales.

En esa época dichas tecnologías estaban confinadas a pocos centros de estudio, agencias gubernamentales y empresas privadas; algunas de ellas como la telefonía, la radio y los reproductores de discos de acetato eran accesibles de forma masiva a la población, mientras que otras como la televisión todavía no lo eran.

Las telecomunicaciones eran casi en su totalidad terrestres y los aparatos electrónicos funcionaban con

El Cinvestav fue pionero en México realizando ensamblaje de tecnología fotovoltaica en su planta piloto, para beneficio social

válvulas de vacío (bulbos), ya que el transistor tenía pocos años de haberse inventado.

Por esas fechas, varias universidades del país ofrecían las asignaturas de Comunicaciones y Electrónica, pero sólo como especializaciones dentro de las carreras de ingeniería mecánica y eléctrica.

El único programa de estudios diseñado acorde con dichos retos tecnológicos era el de la carrera de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Esta situación no pasó desapercibida para algunos grupos académicos en el país, sobre todo dentro del mismo IPN.

Manuel Cerrillo Valdivia, quien ya había ocupado importantes cargos como la dirección de la ESIME y la del propio IPN, retornó de una estancia en Estados Unidos (EU) como investigador en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). En 1959, cuando Eugenio Méndez Docurro comenzaba su gestión como director del IPN, le propuso constituir una escuela de graduados para la institución.

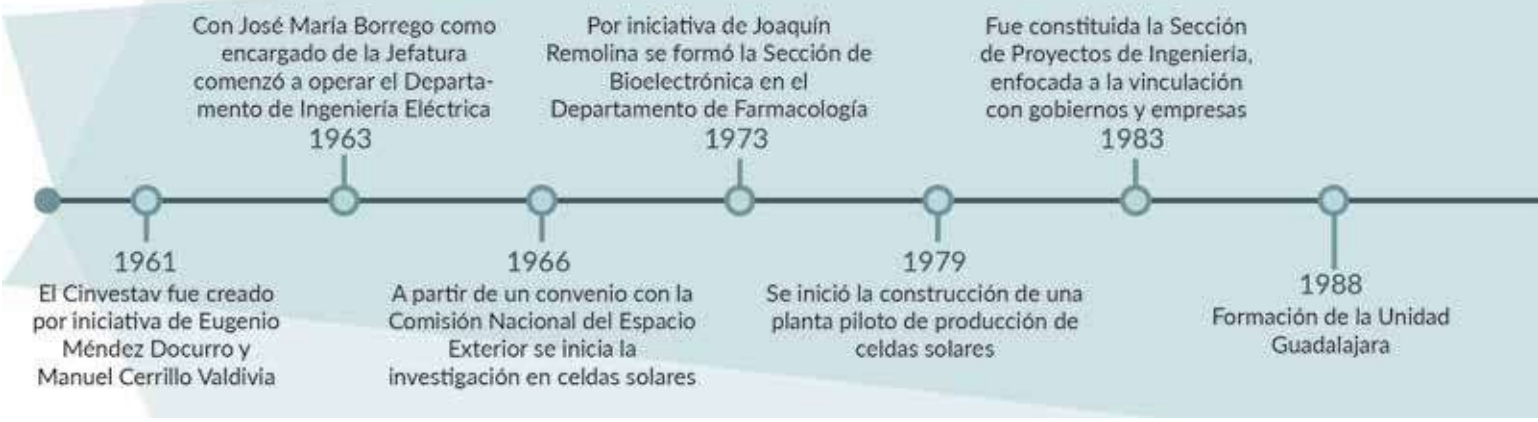
El plan de Cerrillo Valdivia compartía los objetivos de todas las escuelas de posgraduados, según expone Susana Quintanilla en su libro *Recordar hacia el mañana. Creación y primeros años del Cinvestav 1960-1970*: "formar a los profesores idóneos para impartir cátedra en universidades e instituciones tecnológicas, preparar a los grupos de técnicos y científicos indispensables para el desarrollo del país y construir un centro favorable al pensamiento organizador y constructivo".

Méndez Docurro, quien más tarde ocuparía importantes cargos dentro de la administración pública, impulsó la iniciativa y gestionó con las autoridades federales, hasta que finalmente se logró la creación del Cinvestav, en 1961 (la historia completa puede consultarse en el artículo "A 55 años del Cinvestav", en *Avance y Perspectiva*, vol. 1, No.3, marzo-mayo 2016, pp. 16-19).

Desde esas fechas de fundación, en el Cinvestav se vislumbró la importancia de establecer un Departamento de Ingeniería Eléctrica, pero el objetivo demoró casi dos años por la falta de expertos de primer nivel que se hicieran cargo del mismo. No fue sino hasta 1962 cuando José María Borrego, un talentoso investigador mexicano recientemente egresado del MIT, se hizo cargo de la jefatura del nuevo Departamento e inició operaciones.

A su equipo de trabajo se integraron luego otros expertos como Enrique G. León López, Harold S. Dutton, Bernardo Retchkiman y el propio Méndez Docurro. Además, por invitación directa de Arturo Rosenblueth Stearns se incorporó al Departamento, Jorge Suárez Díaz, quien en 1963 se puso al frente de un equipo de ingenieros que concibió y ejecutó diversos proyectos de investigación en colaboración con la industria.

Méndez Docurro era experto en telecomunicaciones, mientras Borrego y León López se especializaban en electrónica del estado sólido, por lo que el Departamento comenzó a operar desde su arranque con proyectos dentro de esas dos líneas de investigación, que después se constituyeron como área y sección, respectivamente.



Años más tarde se fueron sumando otras líneas de investigación que a partir de 1983 se constituyeron como secciones (ver línea de tiempo).

Los primeros años

La etapa de formación del Departamento fue ardua y se caracterizó por la movilidad constante de profesores; la demanda de investigadores era alta en el país, pero no podía cubrirse debido a que en ese tiempo no existían las condiciones para generar una "masa crítica" suficiente.

A pesar de esos obstáculos, el esfuerzo de los pioneros finalmente rindió sus frutos, pues de entrada permitió establecer el primer programa de posgrado en ingeniería eléctrica en México.

Hacia finales de la década de 1960, cuando entraba en su etapa de consolidación, la influencia del Departamento ya era notable tanto en la calidad de la formación de sus egresados como en la implantación de proyectos de ingeniería para resolver diversos problemas sociales.

A través del área de Electrónica del Estado Sólido, el Departamento buscaba desarrollar tecnologías que permitieran la producción de materiales semiconductores de grado electrónico, la fabricación de circuitos integrados y el diseño y ensamblaje de dispositivos optoelectrónicos. Estas metas se cumplieron, aunque los mayores logros ocurrieron en el campo de los dispositivos fotovoltaicos.

Uno de los proyectos más exitosos dentro de esta sección fue la Línea Piloto de Producción de Celdas Solares, establecida en 1979 gracias a los esfuerzos iniciales del doctor Esteban Javier Pérez.

Además de fabricar monocristales de silicio, en la planta se construyeron celdas fotovoltaicas y paneles solares (el primer módulo de un vatio de potencia se desarrolló en el Cinvestav en 1972 y seis años después ya se habían diseñado otros de 17 vatios).

La capacidad de producción de la Línea Piloto, en la que se fabricaron más de cien mil celdas solares, era de 24 mil vatios. La idea era abastecer al mercado nacional, pero en esa década un gran problema era el alto costo de las fotoceldas.

En ese tiempo, cuando no había apertura de mercados en México, las restricciones para importar componentes electrónicos eran enormes, lo cual impactaba aún más en su costo; aunado a ello, estos dispositivos no eran tan populares ni accesibles como ahora.

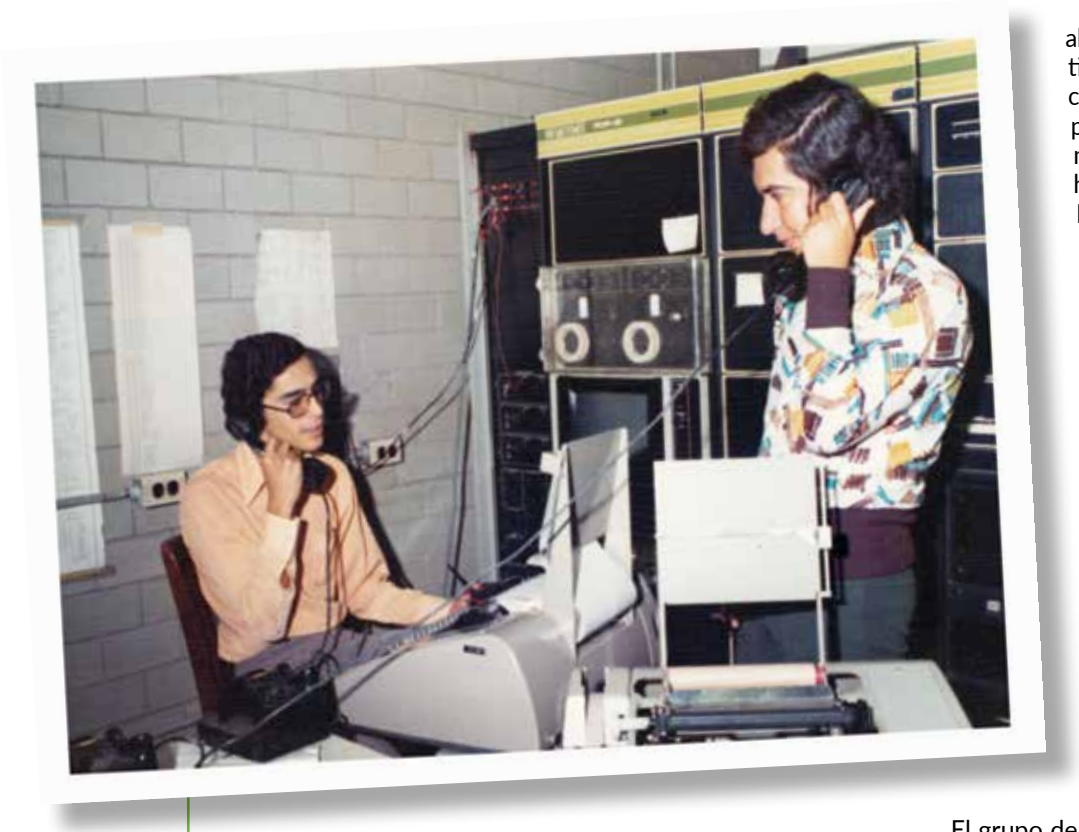
Las fotoceldas empezaron a considerarse como una alternativa para producir energía limpia hasta la crisis petrolera de mediados de la década de los setenta, cuando el crudo subió de precio y en las décadas posteriores, al conocerse las evidencias científicas sobre el daño ambiental provocado por la quema de combustibles fósiles.

A pesar de este entorno adverso, los investigadores del Departamento de Ingeniería Eléctrica encontraron otra aplicación para las fotoceldas: llevar energía eléctrica a aquellas comunidades rurales apartadas donde resultaría más costoso y poco práctico tender líneas para la conexión a la red eléctrica.

Con este propósito, al final de la década de los 70 los expertos del Departamento desarrollaron diversos proyectos de ingeniería basados en las tecnologías fotovoltaicas, con los cuales electrificaron pequeñas comunidades en diversas zonas rurales de Puebla y Chihuahua.

Los investigadores colocaron sistemas fotovoltaicos integrales en albergues infantiles, estaciones repetidoras para telefonía rural y meteorológicas, sistemas de bombeo de agua y en diversas escuelas de nivel básico y universidades.

Los investigadores del Cinvestav en el área de comunicaciones tuvieron una participación destacada en la transmisión satelital de los Juegos Olímpicos de México 68



Los proyectos científicos del Departamento de Ingeniería Eléctrica se enfocan en atender diversas necesidades básicas de la población, como las comunicaciones

El esfuerzo continuó hasta los años 80, cuando los precios del petróleo nuevamente descendieron y la crisis económica desalentó a los inversionistas privados para financiar estas tecnologías enfocadas a la producción de energía mediante fotoceldas.

Electrónica en la educación y la salud

Con el lema "la electrónica como recurso educativo", el programa MicroSEP, iniciado en 1986, es considerado otro de los grandes hitos del Departamento de Ingeniería Eléctrica.

Este programa, que fue dirigido por Juan Milton Garduño y establecido en coordinación con la Secretaría de Educación Pública, buscaba acercar las tecnologías de cómputo e informáticas (que en ese tiempo apenas comenzaban su despegue comercial) al sector educativo.

MicroSEP abarcó una red de producción de hardware y software de capacitación y apoyo al personal docente y a los estudiantes de educación básica de todas las edades. Contaba con 14 centros regionales y 120 salas-plantel en toda la República Mexicana.

Años más tarde, en 1988, el fundador de este programa dejó la jefatura del Departamento de Ingeniería Eléctrica para fundar el Centro de Tecnología de Semiconductores, que fue el antecedente del Cinvestav Unidad Guadalajara.

Por su parte, dentro del Departamento de Farmacología y Toxicología el doctor Joaquín Remolina decidió alentar desde la década de los 70 la investigación en el campo de la instrumentación aplicada a la biología (bioelectrónica), por lo cual arrancó un programa académico con el objeto de formar recursos humanos en esta naciente especialidad. Este grupo de expertos en bioelectrónica fue sumando integrantes y hacia 1973 se constituyó como una sección académica dentro del citado Departamento, que en 1990 se incorporó al de Ingeniería Eléctrica. Entre sus más notables aportaciones está el desarrollo y la instalación de equipos médicos para la Unidad de Cuidados Intensivos de seis camas, en una clínica del IMSS en Irapuato.

A lo largo de las décadas de los 70 y 80, la Sección de Bioelectrónica desarrolló diversos equipos e instrumental médico que fueron vendidos a laboratorios de investigación, clínicas y hospitales públicos y privados en el país.

Pioneros en las telecomunicaciones

El grupo de ingenieros expertos en telecomunicaciones que participó en la fundación del Departamento de Ingeniería Eléctrica es ampliamente reconocido dentro y fuera del Cinvestav por la labor estratégica que desempeñó de manera oficial en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) durante los XIX Juegos Olímpicos México 1968.

Este Departamento fue uno de los cuatro fundadores del Cinvestav y el primero en ofrecer en México estudios de posgrado en el área de Ingeniería eléctrica. Después se distinguió por sus aportaciones al desarrollo de sistemas fotovoltaicos, telecomunicaciones, control automático e instrumentación médica, entre otros logros.

Aunque no fue una aportación directa del Cinvestav, el grupo de ingenieros puso su *expertise* en comunicaciones al servicio del país para establecer los sistemas de transmisión satelital que hicieron posible llevar la señal de las competencias olímpicas —celebradas del 12 al 27 de octubre— a todos los rincones del planeta.

El grupo incluía entre otros connotados académicos a José Antonio Padilla y Eugenio Méndez Docurro, quienes fungían respectivamente como

secretario y subsecretario de la SCT, así como a Jorge Suárez Díaz, entonces director de Telecomunicaciones en la dependencia.

La encomienda del grupo fue instalar y operar en la torre de Telecomunicaciones de la SCT los equipos transmisores que recibirían la señal de radio desde las distintas sedes de los Juegos Olímpicos.

El mismo Suárez Díaz fue responsable del diseño, construcción y operación de la estación terrena de telecomunicaciones en Tulancingo, Hidalgo, que constituyó el primer nodo satelital en México.

Paralelamente, el equipo de ingenieros participó en la organización y puesta en marcha de la Red Federal de Microondas, que permitió llevar las señales a diversos rincones del país, ya que tuvo un área de cobertura de 13 mil 500 km^2.

Con esa infraestructura, las señales fueron enviadas desde la torre de la SCT a la estación terrena en Tulancingo, desde donde a su vez se reenviaron a los satélites del consorcio internacional Intelsat, al que México se adhirió en 1968.

El equipo tuvo la asesoría de ingenieros japoneses, italianos y franceses, y se dividió en tres grupos de trabajo encargados de la instalación de cable coaxial, la transmisión por señales de microondas y la grabación.

Por aquellos años México aún no poseía sus propios satélites de telecomunicaciones: el primer paquete, que integró al sistema Morelos, fue puesto en órbita hasta 1986; sin embargo, la labor de estos pioneros resultó fundamental para enfilar al país a la era de los enlaces satelitales a nivel global. En la siguiente década creció la infraestructura del Departamento de Ingeniería Eléctrica y comenzaron a experimentarse los cambios que requería la integración del país a los grandes bloques económicos, ya que comenzó a abrir sus fronteras y dejar atrás el proteccionismo.

El punto culminante de esta tendencia fue la firma del Tratado de Libre Comercio con los países de América del Norte, que entró en vigor en 1994.

Ahora, con una población de más de 120 millones de habitantes con un crecimiento moderado pero sostenido (de 1.4 por ciento en las últimas décadas), México es "otro" país, con una política económica claramente orientada hacia la apertura comercial y la liberalización de los mercados.

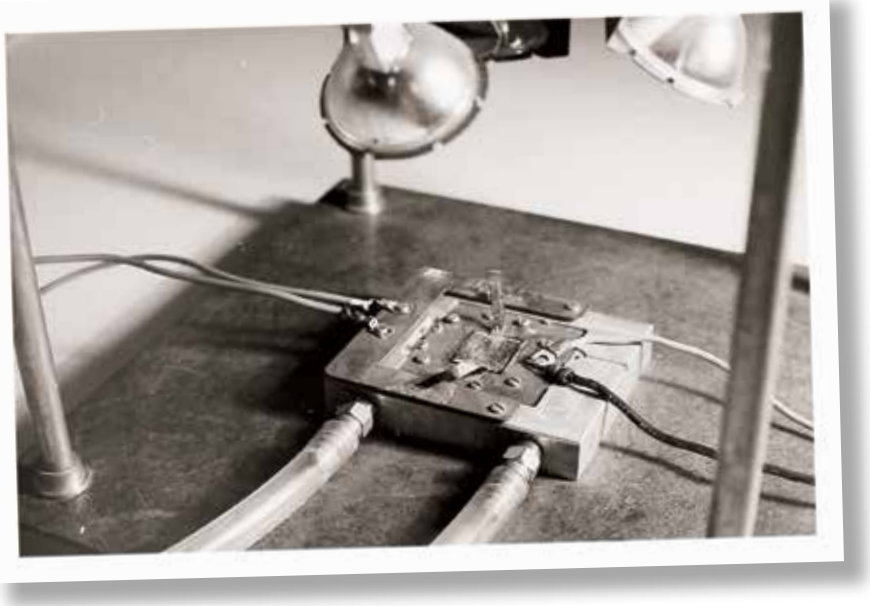
Ante este panorama, expertos del Departamento de Ingeniería Eléctrica consultados sobre sus retos a futuro consideran que debe apostarse a establecer nuevas líneas de colaboración con otras áreas del conocimiento, así como fortalecer la investigación interdisciplinaria.

COMPUTACIÓN, UN LARGO CAMINO

Cuando la disponibilidad de equipos electrónicos de cómputo se limitaba a pocos sectores de la sociedad como la enseñanza, investigación científica y la exploración espacial, los expertos del Departamento de Ingeniería Eléctrica ya habían visualizado la importancia e impacto social que tendrían dichas tecnologías con un uso cada vez más generalizado.

Por ello, desde 1972 comenzaron a impartirse dentro del Departamento de Ingeniería Eléctrica diversos cursos de computación electrónica. Algunos de ellos fueron: Introducción a la Computación, Teoría de Autómatas y Arquitectura de Computadoras. Sin embargo, tuvieron que transcurrir más de dos décadas tras la fundación del Cinvestav para que éste tuviera primero una sección (establecida en 1983) y después su Departamento de Computación, autorizado en 2006. Las razones de esta demora fueron múltiples, según lo consigna el investigador Carlos Artemio Coello Coello en un artículo publicado en el número 26 (abril-junio de 2007) de la revista *Cinvestav*: "Principalmente se relacionan con la dificultad para conseguir recursos humanos en número y calidad suficientes, lo cual ha sido, por muchos años, una tarea difícil de lograr en México".

A pesar de esa dificultad, señala Coello, el uso de computadoras de todos tamaños (desde mainframes hasta microprocesadores) en un número cada vez mayor de proyectos del Departamento de Ingeniería Eléctrica, hacía evidente que la computación electrónica acabaría por reclamar un espacio propio tarde o temprano.



Otra ruta hacia un mejor futuro es continuar trabajando, como ya lo ha hecho desde su fundación, para fortalecer su colaboración con la industria nacional y extranjera a través de proyectos de ingeniería de alto nivel de competencia.

(Guillermo Cárdenas)

RETO EN LA ERA DIGITAL

Guillermo Cárdenas Guzmán
Subdirección de Intercambio Académico
gcardenas@cinvestav.mx

Cuando en marzo de 2008 el ejército colombiano bombardeó un campamento guerrillero de las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC) situado en Ecuador, no sólo asestó un duro golpe al grupo rebelde encabezado por el comandante Raúl Reyes, quien falleció durante el ataque.

Tras la incursión, los militares retuvieron equipo de cómputo que pertenecía al líder guerrillero. El contenido de los archivos, alojados en tres *lap tops*, dos discos duros externos y tres memorias USB, fue revelador, pues según el gobierno colombiano aportó información clave sobre los movimientos, alianzas y compra de armamento de las FARC.

Cinco años después, luego del escándalo mundial por las filtraciones de Edward Snowden (ex empleado de la Agencia de Seguridad de Estados Unidos que en 2013 dio a conocer documentos confidenciales y programas de espionaje masivo) Rusia adoptó una medida muy peculiar para contener estos riesgos.

De acuerdo con la cadena británica BBC, la agencia FSO, encargada de la seguridad de los altos funcionarios rusos, ordenó la compra masiva de máquinas de escribir. El objetivo: redactar en papel los reportes confidenciales que pudieran ser interceptados o alterados en caso de alojarse en computadoras.

Big Brother no es ficción

Por desgracia, no sólo los líderes sociales, las empresas o los funcionarios de gobierno están en la mira de los *hackers*; en la medida que se popularizan las tecnologías digitales y crece el flujo de información a través de ellas, también aumenta el riesgo de convertirse en blanco de un ataque cibernético pasivo o activo (con intervención de equipo). Ahora todos los miembros de la sociedad son vulnerables.

Los dispositivos digitales están enlazados de tal modo a nuestra vida cotidiana que parece imposible prescindir de ellos, como pretende el Estado ruso. Las transacciones bancarias, las compras *on-line*, los sistemas de geolocalización, los teléfonos "inteligentes" o el control del tráfico de vehículos, por citar pocos casos, dependen parcial o totalmente de esos sistemas.

En la medida que se extiende el cómputo ubicuo (*ubicomp*) y se materializa el "internet de las cosas", la

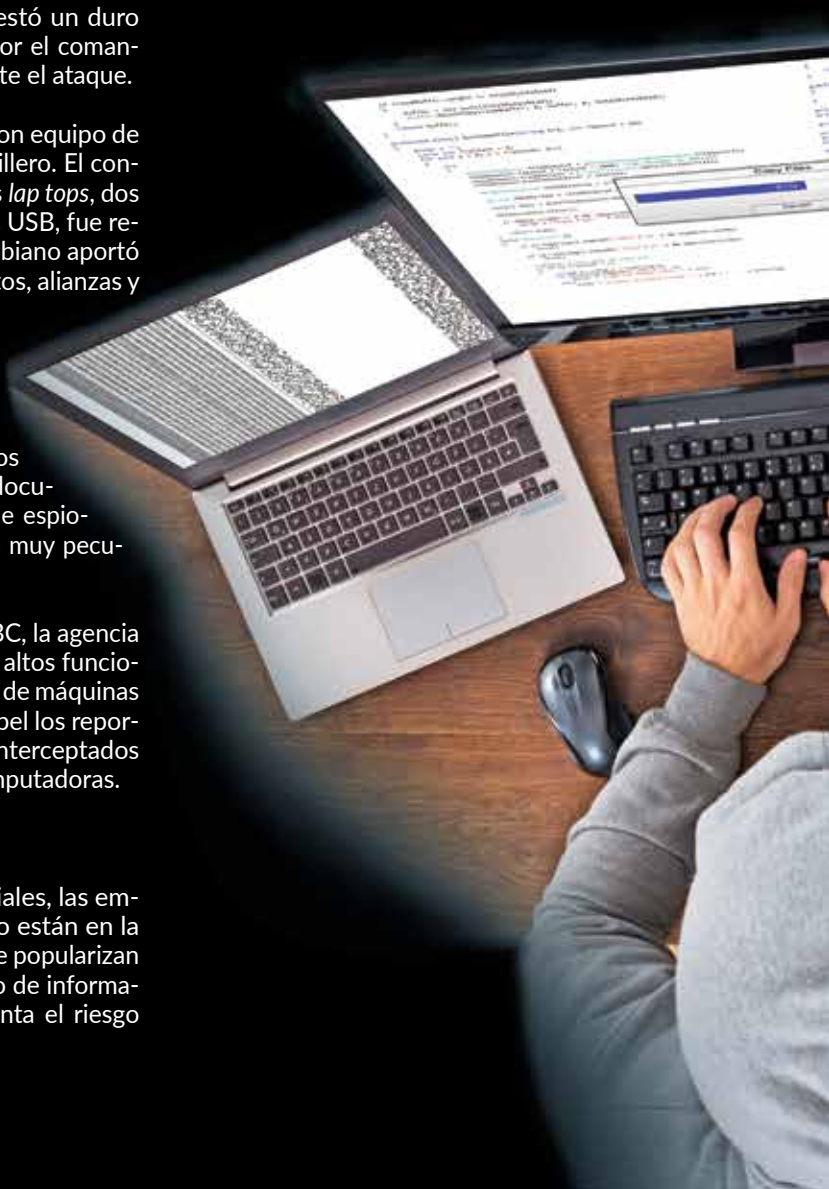


figura del *Big Brother* que todo lo vigila y la policía del pensamiento, descritos en la novela *1984* de George Orwell se hace realidad. "Ahora la única forma de tener privacidad es vivir fuera de la sociedad", considera el investigador Francisco Rodríguez Henríquez, del Departamento de Computación del Cinvestav.

El cómputo ubicuo, que Bill Gates preconizó con su deseo de que algún día, por cada ser humano en el planeta hubiera también una computadora, se refiere a la integración de todos los dispositivos informáticos en el entorno del usuario, de manera que no sean percibidos como objetos diferenciados.

De hecho, el ideal del fundador de Microsoft ha sido superado con creces por el cómputo ubicuo: ahora los expertos calculan que en las ciudades desarrolladas existen entre cien y mil procesadores sirviéndonos constantemente. Además, este servicio se da de manera silenciosa, pues la mayoría de estos dispositivos electrónicos están ocultos en objetos de uso cotidiano como televisores, autos o edificios. Esto ha implicado grandes ventajas, pero también numerosos inconvenientes.

Los expertos recomiendan usar contraseñas con al menos 12 caracteres para evitar el robo de identidad

No se trata sólo del riesgo de exponer información confidencial personal o institucional a través del correo electrónico, los navegadores de internet o las redes sociales digitales; a medida que avanza la tecnología, aparecen nuevas amenazas, como la posibilidad de intervenir la computadoras que llevan a bordo los autos modernos para provocar una falla deliberada o incluso dispositivos médicos como marcapasos o bombas de insulina, como advirtió en su momento el famoso *hacker* neozelandés Barnaby Douglas Jack.

Rodríguez Henríquez indica que la instalación de software malicioso (*malware*), la suplantación del Sistema de Resolución de Nombres de Dominio para conducir al usuario a una página web falsa (*pharming*) y el robo de identidad con el fin de adquirir datos confidenciales (*phishing*) son los principales peligros para los usuarios digitales en México.

Arturo Díaz Pérez, director del Cinvestav Unidad Tamaulipas y experto en seguridad informática, argumenta por su parte que los desafíos en esta área se transforman constantemente, y en esa medida cambian sus prioridades: hace 15 años, el mayor problema eran los virus informáticos, mientras que hoy la principal amenaza es la extracción de datos confidenciales.

Cifras de la Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (Condusef) permiten corroborarlo: el número de quejas por robo de identidad (para suplantar a empresas y particulares, así como pedir créditos en su nombre) creció seis veces en el país durante el último lustro, al pasar de 4 mil 564 en el primer semestre de 2011 a 28 mil 258 durante el mismo periodo de 2015.

No hay dispositivos invulnerables

Los costos de la inseguridad informática resultan mayúsculos no sólo en términos de la violación que significa a la privacidad e integridad de las personas y las organizaciones, sino por su impacto económico, que en 2015 ascendió a 400 mil millones de dólares a nivel global, según cálculos de la empresa McAfee.

La misma compañía de software estimó un costo por ciberdelitos de 3 mil millones de dólares para México en 2013, cifra que tiende al alza, con un incremento de 40 por ciento registrado en 2015. Aunado a ello, el país ocupó en 2012 el último lugar en el rubro de ciberseguridad dentro de las naciones integrantes

de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

En este contexto, la Unidad de Inteligencia Competitiva elaboró el reporte titulado *Retos de ciberseguridad para México*. El documento de la firma consultora propone diseñar e implementar estrategias y planes nacionales que permitan la transición hacia un ciberespacio libre de riesgos, que permita aprovechar los innegables beneficios que ofrecen las plataformas digitales.

Pero, ¿esto es posible? ¿Podemos transitar sin peligro en el ciberespacio? Francisco Rodríguez aclara que, de acuerdo con la primera Ley de Seguridad Informática no existen dispositivos invulnerables. Andrés Velázquez, experto en cómputo forense y presidente de la compañía mexicana Mattica, ilustra esta idea con una cita de su profesor Eugene Spafford, de la Universidad de Purdue, Estados Unidos.

"Eugene Spafford decía que el único sistema absolutamente seguro es aquel que está apagado y desconectado, guardado en una caja de titanio rodeada por gas venenoso, protegida por guardias armados, y ni aun así apostaría su vida por él", recuerda el experto de Mattica, primer laboratorio de investigación de delitos informáticos en América Latina.

En un mundo cada vez más interconectado crece el riesgo ante el acoso constante de *hackers*, espías electrónicos, software malicioso y otras amenazas similares. ¿Tenemos recursos suficientes para enfrentarlas?

Ante este panorama, apunta Díaz Pérez, es preciso promover una cultura enfocada a la protección de datos confidenciales entre las organizaciones públicas y privadas que custodian información personal o de terceros, además de trabajar en mecanismos de seguridad para las transacciones electrónicas.

"Frecuentemente se piensa que es suficiente con instalar un corta fuegos, pero hay que garantizar desde la obtención de la información hasta su custodia a lo largo del proceso en el que se va a utilizar", advierte el director del Cinvestav Unidad Tamaulipas.

Usuario, el eslabón más débil

Esta vulnerabilidad de los sistemas de cómputo no justifica el descuido o negligencia por parte de los usuarios, quienes con frecuencia constituyen el eslabón más débil en la cadena de la información. Como en el caso de un automóvil: puede existir el modelo más costoso, dotado con los mejores dispositivos de seguridad, pero de poco servirá para evitar accidentes a un mal conductor.

"El eslabón más débil en la informática, las computadoras y los sistemas muchas veces es el usuario, por ejemplo, cuando se dan casos en que le da *click* al archivo adjunto del correo electrónico de un desconocido y éste infecta su computadora", opina Andrés Velázquez.

Francisco Rodríguez comparte esta apreciación. "La principal debilidad es la falta de conciencia de cuán vulnerables somos ante este tipo de ataques". El problema, sostiene el científico del Cinvestav, se agrava por la falta de conocimientos básicos de seguridad informática, tales como la existencia de certificados digitales.

Ante esta situación, ambos expertos insisten en la necesidad de aplicar medidas básicas que por obvias que parezcan, a menudo son ignoradas: usar contraseñas de al menos 12 caracteres y que no sean predecibles; emplear administradores de las mismas y cerciorarse de que existan certificados digitales de seguridad al abrir páginas de internet.

No se trata de utilizar una herramienta de cifrado muy robusta sólo para proteger un mensaje de texto, aclara Arturo Díaz; sin embargo, "como la capacidad de cómputo ha mejorado tanto en los últimos años, ya no resulta descabellado pensar en una máquina de escritorio que incorpore estas técnicas y herramientas como parte de sus servicios".

El experto de la Unidad Tamaulipas reconoce que vigilar a una persona ya se hizo un problema común; lo que no resulta trivial, añade, es cuando la vigilancia se masifica, así sea con el noble fin de combatir delitos como narcotráfico o terrorismo. "Nuestra información está ahí disponible; pero quiénes la usan, cuándo y cómo, son los grandes temas de discusión".

Más instrumentos de protección

Además de mejorar algoritmos de cifrado, que se inventaron antes que las computadoras, los centros de investigación y las compañías de cómputo han desarrollado diversos instrumentos para reducir el impacto negativo de los delitos informáticos

En el Cinvestav, los científicos también están aportando nuevas alternativas para atacar dicho problema. En la Unidad Tamaulipas, un equipo donde colaboran Arturo Díaz, Víctor Sosa y José Luis Rodríguez pretende mejorar la seguridad de los servicios de alojamiento de información en la nube en diferentes escenarios.

"Buscamos procedimientos que permitan la privacidad, la autenticidad y la integridad de la información con mecanismos de control de acceso en los que sólo los usuarios autorizados puedan obtener la información, sin importar que estén en otro país", comenta Díaz Pérez. Otro rubro en el que laboran los expertos

es en el desarrollo de aplicaciones para monitorear el estado de diversos dispositivos (celulares, televisores, memorias), resguardarlos contra ciberataques y controlar su actividad.

En los protocolos de comunicación para internet podríamos incorporar mecanismos de codificación de la información o servicios de autentificación de mensajes, afirma Díaz Pérez. El problema, precisa, es que quienes diseñan estas aplicaciones las incorporen como parte de los estándares de la industria.

José Juan García Hernández, también de la Unidad Tamaulipas, se ha enfocado en evaluar la calidad de marcas de agua digitales (análogas a las que contienen los billetes) en el campo de la imagenología médica, particularmente en las imágenes de ultrasonido de mama, que ayudan a diagnosticar lesiones. Al incorporar metadatos de las pacientes, dichas marcas ayudan a garantizar la fidelidad y autenticidad de los datos.

Recientemente, García Hernández demostró a nivel experimental que un algoritmo, denominado *Ocultamiento de Datos de Alta Capacidad*, es sumamente recomendable para su empleo en el diagnóstico asistido por computadora, ya que mantiene la calidad de las imágenes médicas sin introducir distorsiones.

Por otro lado, en el Laboratorio de Criptografía del Departamento de Computación del Cinvestav, Francisco Rodríguez Henríquez se ha dedicado junto con sus colaboradores a analizar la vulnerabilidad de algoritmos criptográficos que están en uso o serán adoptados como estándar internacional en la industria, para alertar a las autoridades sobre eventuales riesgos.

En este rubro, señala, hay otro gran dilema: seguridad contra compatibilidad, pues regularmente dichos estándares son establecidos a partir de los que aprueban las autoridades de Estados Unidos. Entonces, otras naciones menos desarrolladas en este tipo de tecnologías (como México), aunque tienen libertad para generar sus propios diseños y estándares, podrían afrontar problemas para acoplarse con los que ya están avalados. Además, podrían ser más vulnerables, ya que no recibirían el minucioso análisis que se aplica en los estándares criptográficos estadounidenses.

Por esas razones, Rodríguez Henríquez considera deseable desarrollar tecnologías de seguridad digital propias en México. Pero para lograrlo, advierte, es indispensable contar con la plataforma de un organismo regulatorio de seguridad informática similar al que hay en España, el Instituto Nacional de Ciberseguridad, en el que estén representados los diversos sectores de la sociedad: gobierno, academia e industrias.

LEYES DE SEGURIDAD INFORMÁTICA

Un entorno digital libre de riesgos no es posible, pero sí es factible minimizarlos, tal como lo enuncian las tres leyes de seguridad informática:

1. Los sistemas absolutamente seguros no existen
2. Disminuir las vulnerabilidades de un sistema a la mitad implica duplicar los costos de seguridad
3. Típicamente la criptografía no es vulnerada, sino "brincada" (los *hackers* buscan resquicios para entrar sin violar el sistema)

ENTROPÍA DEL *PASSWORD*

El término entropía, que en física alude a las leyes de la termodinámica, se usa en computación para medir qué tan vulnerable es una contraseña. Mientras más entrópico o "desordenado" sea, resultará más complicado adivinarlo o forzarlo. Generalmente se expresa en bits. Uno ya conocido tiene cero bits. Otro que podría ser adivinado al primer intento la mitad de las veces tiene un bit y así sucesivamente.

Esta es la razón por la cual los expertos recomiendan cambiar regularmente las contraseñas, hacerlas de al menos doce caracteres con símbolos especiales y sin palabras de uso común en los diccionarios. El investigador Francisco Rodríguez Henríquez advierte que en este punto, el usuario es con frecuencia el eslabón más débil en la cadena de seguridad informática.

Ante ello, el científico del Laboratorio de Criptografía del Departamento de Cómputo del Cinvestav recomienda usar programas administradores de contraseñas (pueden descargarse en Internet o en tiendas de apps para celulares) a fin de facilitar las interacciones *on-line* sin tener que memorizar numerosas y largas contraseñas.

ARTÍCULO

TRANSACCIONES BANCARIAS SEGURAS

Lil María Rodríguez Henríquez
Posdoctorante del Departamento de Computación
lrodriguez@computacion.cs.cinvestav.mx

¿Alguna vez te has puesto a pensar que trabajas a cambio de papel? En la actualidad, las personas que trabajan, ya sea prestando un servicio o vendiendo algún producto, están de acuerdo con recibir a cambio un pago a través de "papel", al cual llamamos dinero. Algunos otros reciben a cambio una transacción bancaria conocida como "depósito" que respalda su derecho a disponer de una cantidad de dinero, es decir, una vez más "papel".

En el siglo XIII el emperador chino Kublai Khan decretó que el dinero tomaría forma de papel, esto representó un gran reto, pues lo que normalmente se utilizaba en aquella época eran monedas que respaldaban su valor por estar hechas de algún material precioso. Khan reconoció que lo importante acerca del dinero es qué tanto la gente cree en él y no su forma o lo que lo respalda.

Posteriormente, cuando Marco Polo visitó China, quedó impactado ante la idea de que la gente estuviera dispuesta a intercambiar servicios y productos por papel. Al mismo tiempo que los chinos experimentaban con dinero en forma de papel, los europeos comenzaron a verlo como un bien que no sólo se podía gastar, sino también invertir. De esta manera nació en Europa la industria bancaria (e.g. bancos italianos).

Estas nuevas instituciones promovieron el uso del crédito y la deuda, figura que tomó importancia para que los reyes pudieran financiar sus aventuras de conquista. También se incorporaron los precursores de otras figuras de dinero, tales como bonos, seguros y cheques; las cuales siguen vigentes. Por lo tanto, es posible decir que los bancos se constituyeron como entidades que facilitan el intercambio de dinero, servicios o productos, definiendo a cada una de las anteriores como posibles transacciones bancarias.

En la actualidad, el dinero no sólo es un concepto abstracto sino también digital y virtual. En muchas ocasiones se realizan transacciones bancarias en las que el dinero nunca se ve de forma "contante y sonante". Por ejemplo, cuando se realiza la compra de una casa, el interesado únicamente firma una serie de papeles que acreditan que debe una cantidad al banco (crédito) y probablemente el interesado aporta otra cantidad que es retirada de su cuenta en forma de enganche. Es decir, la información digital es actualizada y el intercambio de un bien se efectúa al momento.

Aunado a lo anterior, el creciente uso de la tecnología ha hecho posible que las transacciones bancarias se realicen sin necesidad de acudir al banco, ya que la mayoría de las transacciones pueden realizarse en los cajeros o por medio de computadoras y dispositivos móviles, entre otros medios. Lo cual brinda muchas ventajas desde el punto de vista de los negocios, pues además de ahorrar tiempo para los usuarios, permite que el banco incremente su número de transacciones, de clientes o de servicios. Sin embargo, también aumentan los riesgos a los que la información, de nosotros como usuarios, queda expuesta debido a que el internet es un canal inseguro.

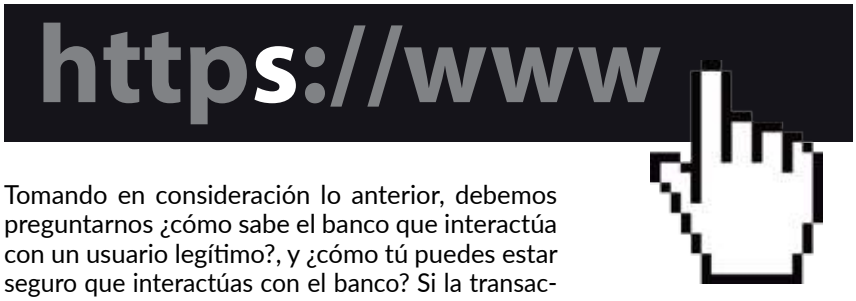
Uno de los servicios de seguridad que es requerido para que las transacciones bancarias se realicen de manera segura es el de autenticación. Este servicio garantiza que las entidades que intervienen en una transacción bancaria sean quienes dicen ser; es decir, garantiza que la entidad que inicia la comunicación sea un usuario legítimo del banco y que la página a la que accede el usuario sea en efecto de la institución financiera. Para ello la criptología, ciencia que estudia cómo realizar una comunicación segura por medio de un canal que no lo es, nos provee de varios mecanismos para garantizar este servicio. Es posible retar a la entidad a que compruebe su identidad por medio de:

· *Algo que sabe*. Por ejemplo mediante un mecanismo de usuario/contraseña.
· *Por algo que tiene*. Tal y como cuando nos solicitan una credencial o *token*.
· *Algo que se es*. Por ejemplo mediante nuestras huellas dactilares o los rasgos del iris.

Lo cierto es que ninguno de estos métodos resulta infalible ante los múltiples y cada vez más ingeniosos ataques realizados por entidades malintencionadas (usualmente conocidos como criminales cibernéticos o *hackers*). Es por ello que en un esfuerzo por incrementar la seguridad de los usuarios, ahora se utilizan mecanismos de autenticación por más de un factor; es decir, se reta a los usuarios a que prueben su identidad combinando más de uno de los mecanismos antes descritos, por ejemplo, por medio de *algo que se sabe* con *algo que se tiene*.

El riesgo principal asociado a que una entidad sea capaz de probar la identidad de otra, es conocido como usurpación de la identidad. Lo anterior, en el contexto de las transacciones bancarias, implica consecuencias irreparables que usualmente involucran pérdidas financieras, pues la entidad maliciosa puede realizar gastos y transferencias en nombre de la víctima. Es por ello que debemos preocuparnos por comprender cómo funcionan los mecanismos de autenticación utilizados por los bancos y qué medidas podemos tomar para disminuir las posibilidades de ser víctimas de un ataque.

Cuando se realiza una transacción bancaria en forma tradicional, es decir, el usuario asiste de manera física al banco, la autenticación se lleva a cabo por medio del siguiente mecanismo: el usuario debe proveer credenciales con las que prueba que es quien dice ser, por lo que normalmente, además de la solicitud de la transacción que desea realizar, el usuario muestra al representante del banco una identificación oficial (credencial para votar, o pasaporte, entre otras). Es decir, el representante del banco pone a prueba al solicitante por medio de *algo que tiene*, y mediante el documento, le es posible verificar su foto y sus datos personales. La autenticación del banco se lleva a cabo de manera implícita, toda vez que el usuario confía en que el representante del banco en efecto es un trabajador legítimo, pues le han permitido entrar a las instalaciones y está haciendo uso del sistema del banco, para lo cual seguramente ha tenido que probar su identidad previamente.



Tomando en consideración lo anterior, debemos preguntarnos ¿cómo sabe el banco que interactúa con un usuario legítimo?, y ¿cómo tú puedes estar seguro que interactúas con el banco? Si la transacción bancaria se realiza por medio de internet, ya sea a través de una computadora o con un teléfono móvil, la respuesta sigue siendo mediante el servicio de autenticación.

Veamos cómo el usuario prueba su identidad ante el banco. La mayoría de entidades financieras hacen uso de autenticación por dos factores, es decir, el sitio web pone a prueba *algo que se sabe*, para ello solicita el número de nuestra cuenta o tarjeta y una contraseña que fue establecida previamente.

Posteriormente, si el usuario ha sido capaz de aprobar el primer mecanismo, el sistema pone a prueba *algo que se tiene*, es decir, solicita un número pseudoaleatorio que constituye un *reto*, pues para poder generarlo, el usuario debe tener en su poder un *token* provisto por el banco. Solamente si ambos mecanismos son contestados de manera satisfactoria, el usuario es autenticado. El otro lado de la moneda es cómo los usuarios del banco pueden estar seguros que interactúan realmente con el banco, para ello, los servidores utilizan un tipo especial de credencial conocida como certificado digital.

Un certificado digital es un documento electrónico de carácter público, que permite relacionar los datos de una identidad a una persona física o empresa. De este modo, el dueño del certificado puede identificarse en internet. Estos certificados son expedidos por una entidad de confianza, que da fe que la misma ha probado su identidad ante él y que todos los que deseen entablar una comunicación con la entidad en cuestión pueden confiar en que el certificado es válido.

Fotografía: Banco de México

Uno de los objetivos del Banco de México es propiciar el buen funcionamiento de los sistemas de pago del país, por medio de un conjunto de instrumentos, procedimientos y normas, para transferir recursos financieros entre sus participantes de manera segura y evitar problemas que afecten a toda la estructura financiera

Por ello, es de suma importancia que un usuario del banco verifique, al ingresar a una página, que tentativamente está respaldada por el banco, si cuenta con el certificado digital correspondiente. Esto puede ser verificado al dar *click* en el ícono (e.g. una "i" de información en Firefox o un candado en Google Chrome) que precede a la barra de direcciones del navegador que esté siendo utilizado.

El ícono del candado únicamente aparecerá en verde si el certificado es válido y el usuario puede confiar en que se está comunicando con el banco. En caso de que el usuario ingrese a una página que se ve idéntica a la del banco, pero que no le pertenece a éste, entonces se puede decir que el usuario es víctima de *phishing* y que una entidad maliciosa quiere engañarle para recuperar precisamente los datos que únicamente él conoce (como su contraseña).

Además del servicio de autenticación, otro servicio de vital importancia en las transacciones bancarias es la privacidad. El cual garantiza que solamente las entidades autorizadas tengan acceso a la información que se considera sensible. Lo anterior se debe a que aun al estar seguros que los extremos de la comunicación son entidades legítimas, es posible que alguna entidad maliciosa se encuentre escuchando el canal inseguro (internet). Al realizar cualquier transacción bancaria, el usuario deberá compartir información sensible, como sus contraseñas, datos acerca de su cuenta o tarjeta de crédito. Estos datos pueden ser comprometidos si viajan en claro (sin utilizar criptografía) por el canal inseguro, por ello es importante comprender cómo funcionan las comunicaciones en internet, para lo cual existen un conjunto de reglas que están definidas en los protocolos de comunicación. En internet, usualmente, se tienen dos opciones: el protocolo de transferencia de hipertexto y el protocolo de transferencia de hipertexto seguro (HTTP y HTTPS respectivamente por sus siglas en inglés).

HTTP es un protocolo basado en peticiones y respuestas para sistemas de información basados en hipertexto, el cual fue propuesto inicialmente por Tim Berners-Lee en 1989. Este protocolo distingue dos entidades: el cliente y el servidor. A manera de ejemplo, el navegador utilizado por un usuario del banco jugaría el papel de cliente y el banco es el servidor (computadora donde está alojada la aplicación del banco). El cliente es el que envía la petición (acceder a la página del banco) y el servidor envía una respuesta que usualmente contiene la información de cómo el sitio de internet debe lucir. Debido a que este protocolo establece la manera en que la información debe ser interpretada, el usuario ve en su navegador los datos con un diseño específico. Sin embargo, este protocolo no provee mecanismos para que la información que viaja no sea comprometida por terceros. Aquí es donde se encuentra la principal diferencia entre HTTP y HTTPS.

Por el contrario, el protocolo HTTPS realiza las comunicaciones de acuerdo con las reglas de HTTP pero además trabaja en conjunto con el protocolo de seguridad en la capa de transporte (TLS por sus siglas en inglés). Con ello se consigue que la información sensible viaje de manera cifrada, lo que quiere decir que aun cuando sea interceptada por una entidad maliciosa, ésta no podrá ser convertida a texto en claro ante el desconocimiento de las llaves utilizadas. Además, HTTPS también garantiza que la información no sea modificada por alguien no autorizado, es decir, también provee el servicio de integridad. De modo tal que desde la perspectiva del usuario, además de revisar que el certificado de la entidad sea válido, debe también observar que al ingresar a una página donde realizará algún tipo de transacción, el *url* comience por: https y no por http.

Es posible concluir que los servicios de seguridad de autenticación, privacidad e integridad entre usuarios y bancos son indispensables para evitar que la identidad de un usuario sea comprometida. Es por ello que todos debemos ser cuidadosos de no compartir nuestra contraseña, de mantener en buen resguardo nuestro *token* y de verificar siempre que en efecto estamos accediendo al sitio web de nuestro banco.

SECRETO INFORMÁTICO A VOCES

Miguel Ángel León Chávez
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
mleon@cs.buap.mx

A lo largo de la historia de la humanidad, el hombre ha tenido necesidad de proteger el intercambio de información ante posibles enemigos. Durante siglos ha usado la *criptografía sim*étrica donde el algoritmo que transforma la información en texto ilegible (cifrar) y visceversa (descifrar) emplea una llave secreta (conocida solamente por las personas que comparten la información).

En un inicio el hombre mantuvo en secreto el algoritmo y la llave, Alan Turing (considerado el padre de la computación) mostró en 1943 que era posible descubrir el algoritmo y encontrar la llave con la ayuda de una computadora. Previamente, en 1936, Turing demostró que existen problemas que la computación no puede resolver.

Un algoritmo es la secuencia de pasos para realizar una acción que puede implementarse en software o hardware; si es en el primero entonces un programador traduce el algoritmo en un conjunto de instrucciones (el programa) que emplea un lenguaje de programación, cuyo compilador (otro programa) genera el código que ejecuta la unidad central de procesamiento (CPU) de la computadora, conocido como lenguaje máquina. El código de los algoritmos se puede agrupar en bibliotecas para ser reusado por los programadores en el desarrollo de otros programas. Si el algoritmo se implementa en circuitos y dispositivos electrónicos entonces se dice que es en hardware.

A nivel nacional e internacional existen diferentes organizaciones de estandarización encargados de publicar documentos que especifican los algoritmos para que programadores y compañías de software y hardware alrededor del mundo implementen un algoritmo. Entre las organizaciones internacionales dedicadas a la estandarización de algoritmos y protocolos criptográficos se encuentra: la Organización Internacional de Estandarización (ISO) que agrupa a representantes de 163 países; en Estados Unidos se encuentra el Instituto Nacional Americano de Estándares (ANSI) y el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) del Departamento de Comercio.

Estas organizaciones han decidido convocar a la comunidad criptográfica internacional para someter propuestas de algoritmos criptográficos, que previa evaluación pública de seguridad y rendimiento, son seleccionados y publicados como estándares. Fue así como se seleccionaron y publicaron los algoritmos de cifrado simétrico: el Estándar de Cifrados de Datos (DES) en 1977 y el Estándar Avanzado de Cifrado (AES) en 2001.

La computadora Enigma, usada para descifrar códigos de los nazis, y las revelaciones de Edward Snowden en 2013, han mostrado la vulnerabilidad de algunos algoritmos criptográficos

Fotografía: supercomputadorasmodernas.blogspot.mx

Usando un clúster de mil procesadores, la llave secreta de Dual_EC_DRBG se obtiene en un minuto y usando una supercomputadora de 70 mil procesadores como la china Tianhe-2 en menos de un segundo

Si el algoritmo simétrico es público entonces un enemigo tiene tres opciones para obtener la llave secreta: adivinarla, robarla o intentar todas las combinaciones de la llave (ataque por fuerza bruta). Razón por la cual la fortaleza de la critografía simétrica se basa en la longitud de la llave; si la llave se representa en bits (es decir un valor de 0 o 1) entonces las longitudes de llave recomendadas por AES son 128, 192 o 256 bits, ya que el número de posibles combinaciones de la llave son 2^{128}, 2^{192} o 2^{256}, respectivamente.

En 1976 el hombre inventó la *criptografía asimétrica* en donde el algoritmo emplea un par de llaves por cada persona: una llave pública (conocida por todos, incluso el enemigo) para cifrar y otra llave privada (conocida sólo por la persona propietaria de las llaves) que descifra.

Whitfield Diffie y Martin Hellman (ganadores del premio Turing 2015, equivalente al premio Nobel de computación) propusieron una solución basada en un problema computacional muy difícil; es decir que el mejor algoritmo conocido por el hombre, aun disponiendo de todos los recursos computacionales en el mundo, requiere de miles de millones de años para calcular una solución.

A estos algoritmos se les conoce como no polinomiales (NP). En computación existen varios pero no todos son eficientes para implementar la criptografía asimétrica, entre los que sí lo son destacan los cálculos del logaritmo discreto y de la factorización de números primos muy grandes. Diffie y Hellman usaron el primero para diseñar un algoritmo que produce un secreto compartido (llave secreta) entre dos personas físicamente alejadas; en 1977 Ronald Rivest, Adi Shamir y Leonard Adleman (ganadores del premio Turing 2002) usaron el segundo para diseñar un algoritmo asimétrico de cifrado y descifrado, conocido como RSA y es un estándar de facto.

Nuevamente, si el algoritmo asimétrico y una de la llaves son públicos entonces un enemigo tiene tres opciones para obtener la llave privada de una persona: adivinarla, robarla o resolver el problema computacional muy difícil para calcularla. De aquí que la fortaleza de la criptografía asimétrica se basa en la imposibilidad de resolver los problemas muy difíciles.

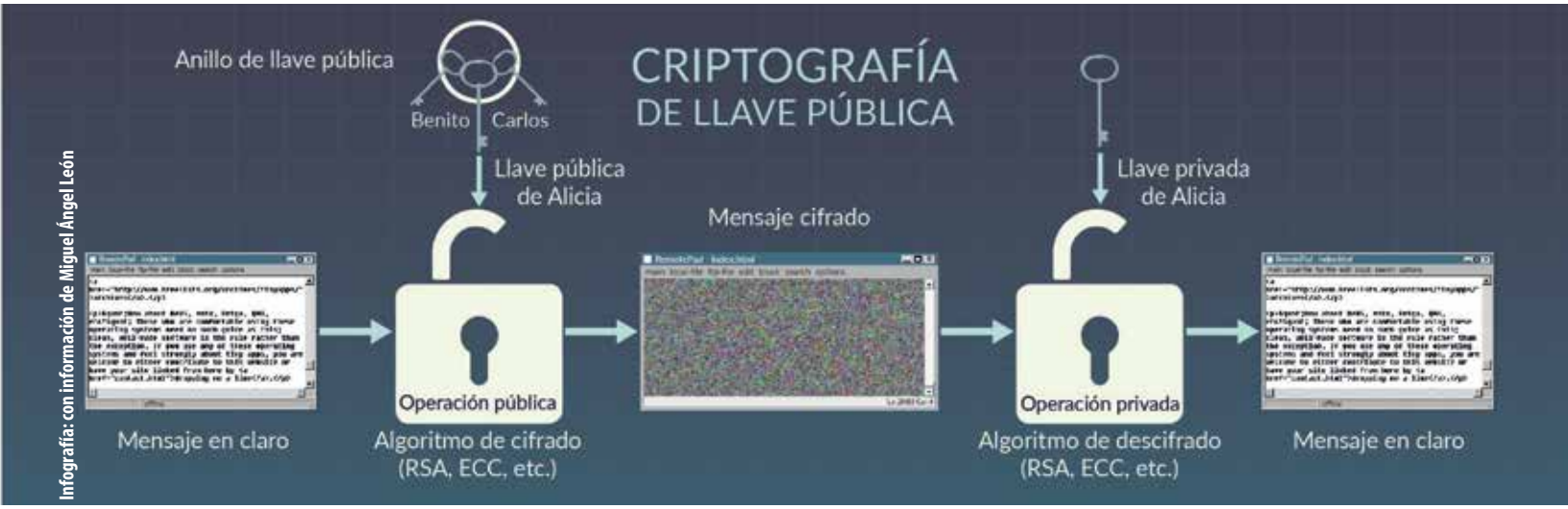
Los números aleatorios son bloques de gran importancia en la criptografía porque se usan para generar la llave privada en los algoritmos asimétricos, pero también para generar: a) llaves privadas en algoritmos de firma digital, b) llaves en algoritmos de generación de código de autenticación de mensajes, c) valores aleatorios para mecanismos de autenticación de entidad, d) valores aleatorios para protocolos de establecimiento de llave secreta, e) PIN aleatorios y generación de contraseñas, f) valores para un mensaje (nonce), o sea, se usan una sola vez.

Un *número aleatorio* es un valor en un conjunto que tiene la misma probabilidad de ser seleccionado de la población total de posibilidades y de aquí es impredecible. Los números aleatorios se pueden obtener directamente o ser convertidos de bits aleatorios. Un *generador de bits aleatorios* (RBG) es un algoritmo que produce una secuencia de bits que "parecen ser" estadísticamente independientes e imparciales, es decir todos los posibles valores tienen la misma probabilidad de ser electos. En computación sólo existen RBG deterministas (DRBG), es decir usan un algoritmo determinista para producir una secuencia de bits pseudoaleatorios a partir de un valor secreto, llamado semilla, y de otras posibles entradas.

Si un enemigo es poderoso política y económicamente puede intentar atacar el algoritmo criptográfico empleado por cada persona, compañía y gobierno o bien puede inducirlos a usar un generador de bits aleatorios cuya salida sea predecible para recuperar sus llaves. Esto último fue lo que hizo la Agencia Nacional de Seguridad (NSA, por sus siglas en inglés) la cual dirige, planea y diseña los esfuerzos criptográficos, criptoanalíticos y de seguridad informática para Estados Unidos.

La NSA diseñó un generador de bits pseudoaleatorios basado en el problema de logaritmo discreto para curvas elípticas (ECDLP), llamado "Dual Elliptic Curve Deterministic Random Bit Generator" (Dual_EC_DRBG).

La increíble historia de este generador de bits pseudoaleatorios Dual_EC_DRBG se resume a continuación:



Infografía: con información de Miguel Ángel León

- En junio de 2004, el ANSI lo consideró como parte de la norma X9.82.
- En 2004, la compañía RSA Security LLC (ahora parte de EMC) ayudó a su implementación y propagación al incorporarlo en su biblioteca criptográfica BSAFE.
- En noviembre de 2005, el ISO lo incluyó en el estándar ISO/IEC 18031:2005.
- En diciembre de 2005, el NIST lo consideró como parte del estándar "*NIST SP 800-90 Recommendation for Random Number Generation using Deterministic Random Bit Generators*".
- En junio de 2006, el NIST publicó el estándar SP 800-90 que especifica los siguientes cuatro generadores:
  1. Hash_DRBG, basado en una función Hash.
  2. HMAC_DRBG, basado en un código de autenticación de mensaje con Hash y llave secreta.
  3. CTR_DRBG, basado en un algoritmo simétrico en modo de operación contador.
  4. Dual_EC_DRBG, basado en ECDLP.
- En agosto de 2007, Shumow y Ferguson, trabajando para Microsoft, demostraron que el generador presenta debilidades que sólo pueden ser calificadas como una puerta trasera, es decir el diseñador (¿NSA?) sabe cómo obtener la llave secreta. El estándar NIST SP 800-90 define muchos valores constantes y no se indica cómo se derivaron, si un enemigo recolecta tan sólo 256 bits de salida entonces puede identificar el estado interno del DRBG y predecir su salida (obtener la llave).
- En diciembre de 2013, Reuters publicó que la NSA pagó en forma secreta la cantidad de 10 millones de dólares a la compañía RSA Security LLC para incorporarlo en BSAFE.
- Desde junio de 2013, los periódicos *The Guardian* (Inglaterra) y *New York Times* (Estados Unidos) revelaron, a partir de las filtraciones de Edward Snowden, que la NSA instaló en efecto una puerta trasera en algunos algoritmos criptográficos estandarizados.

El generador de bits pseudoaleatorios Dual_EC_DRBG ha sido incorporado a las bibliotecas criptográficas BSAFE (Java y C), OpenSSL versión 2 y SChannel de Microsoft (incluida en Windows 2000, Internet Explorer, Internet Information Services (IIS), Windows 7 SP1 y Windows Server 2010 R2) las cuales son usadas para establecer conexiones seguras en internet (cuando un usuario invoca desde el navegador los protocolos de transferencia de hipertexto seguro, HTTPS) por medio del protocolo de Capa de Seguridad de Transporte (TLS).

En el 23 Simposio de Seguridad USENIX se reportó el tiempo necesario para obtener la llave secreta en TLS v1.2 usando un clúster de 16 CPU y va de los 0.02 minutos (OpenSSL), 0.04 min. (BSAFE-C), 63.96 min. (BSAFE-Java) y 62.97 min. (SChannel). Los autores calculan que usando un clúster de mil CPU la llave secreta se obtiene en un minuto y usando una supercomputadora de 70 mil CPU (por ejemplo Tianhe-2 en China) en menos de un segundo.

Seguramente, durante los años en que se mantuvo en secreto esa práctica, miles de personas, compañías y gobiernos alrededor del mundo, depositando su confianza en las organizaciones de estandarización y en las compañías RSA y Microsoft, usaron este generador de bits pseudoaleatorios para producir sus llaves privadas y seguramente durante este tiempo la NSA ha descifrado su información.

Esta increíble y triste historia de Dual_EC_DRBG ha conmocionado a la comunidad criptográfica internacional, nuestra reacción ha sido variada y va desde la denuncia en artículos científicos y de divulgación, pasando por la desconfianza en los estándares y verificando su desactivación de TLS, hasta el boicot a todos los productos y las conferencias de RSA.

Referencias

Gjøsteen, K. Comments on Dual-ECDRBG. *NIST SP*, 800-90.

Brown, D. Conjectured security of the ANSI-NIST Elliptic Curve RNG. *IACR Cryptology ePrint Archive*, 2006. p.117.

Schoenmakers, B., and Sidorenko, A. (2006). Cryptanalysis of the Dual Elliptic Curve Pseudorandom Generator. *IACR Cryptology ePrint Archive*, 2006. p.190.

Shumow, D. and N. Ferguson. On the possibility of a back door in the NIST SP800-90 Dual_EC_PRNG. CRYPTO 2007, Rump Session, August 2007. http: // rump2007.cr.yp.to/15-shumow.pdf.

Schneier, B. Did NSA put a Secret Backdoor in New Encryption Standard? *Wired magazine*, November 22, 2007.

Menn, J. Exclusive: Secret contract tied NSA and security industry pioneer. Reuters, December 2013. http://www.reuters.com/article/2013/12/20/us-usa-security-rsa-idUSBRE9BJ1C220131220.

Checkoway, S., R. Niederhagen, A. Everspaugh, M. Green, T. Lange, T. Ristenpart, D. Bernstein, J. Maskiewicz, H. Shacham, and M. Fredrikson. On the practical exploitability of Dual EC in TLS implementations. In 23rd USENIX Security Symposium (USENIX Security 14), pp. 319–335. USENIX Association, August 2014.

EL ORIGEN DEL MIEDO A LAS COMPUTADORAS*

Carlos Artemio Coello Coello

En ocasión de las elecciones presidenciales de 1952, la audiencia televisiva de Estados Unidos tuvo la oportunidad de ver por primera vez el aspecto de una computadora electrónica. La llamada UNIVAC I medía 3 metros de largo, 4.20 de ancho y 2.70 de alto y pesaba 8 toneladas; estaba destinada a predecir el resultado de la contienda electoral.

La UNIVAC 1 fue todo un hito en la historia de la computación, no sólo por haber sido la primera computadora electrónica de propósito general que se comercializó en los Estados Unidos (la primera se vendió en 1951). Sino también por sus innovaciones tecnológicas. La computadora fue concebida como el proyecto principal de la empresa *Eckert-Mauchly Computing Corporation* (EMCC). Sin embargo, tras enfrentar una grave crisis financiera, en 1950 la EMCC fue adquirida por la Remington Rand, empresa que se responsabilizaría de su comercialización.

La memoria de la UNIVAC 1 se implementó usando líneas de retardo de mercurio y tenía capacidad para almacenar hasta mil palabras de 12 caracteres cada una. Su arquitectura era serial y bastante conservadora pero, dado que su ciclo de reloj era de 2.25 megahertz, su alta velocidad compensaba por cualquier restricción que pudiera imponer su diseño. La UNIVAC 1 usaba además sólo 5 mil bulbos, que contrastaban con los 18 mil de la legendaria ENIAC. Sus dimensiones eran 3.00 x 4.20 x 2.70 metros, lo que la hacía relativamente pequeña comparada con sus competidores de aquellos días (aunque su peso era de unas 8 toneladas). La entrada y la salida de datos se efectuaba por medio de cintas magnéticas, usando un invento revolucionario de John Presper Eckert que condenó a la obsolescencia a las tarjetas perforadas de IBM, tan populares en esa época.

La cinta tenía 1.27 centímetros de ancho y entre 0.00254 y 0.00762 centímetros de espesor y cada carrete alojaba 360 metros de cinta, permitiendo almacenar en un área relativamente reducida más de un millón de caracteres. Su precio comercial era de aproximadamente 750 mil dólares, sin incluir los dispositivos de entrada y salida (por ejemplo, una impresora de alta velocidad costaba 185 mil dólares).

Pero, a pesar de todos sus adelantos tecnológicos, la UNIVAC 1 se vendió poco en un principio y fue debido a un fortuito evento y no a sus innovaciones que la palabra UNIVAC llegó a convertirse en sinónimo de computadora durante muchos años, en un reflejo de su enorme popularidad.

Este evento, ahora muy famoso, fue no sólo la primera aparición de una computadora frente a las cámaras de televisión, sino que marcó también el inicio del temor de los humanos hacia las computadoras, el cual luego sería agudizado en la literatura y el cine de ciencia ficción. Me refiero, por supuesto, a la elección presidencial de 1952 en los Estados Unidos.

En 1952, la empresa *Columbia Broadcasting System* (CBS) le pidió a la Remington Rand algunas sumadoras e impresoras para efectuar sus estimaciones sobre quién ganaría las elecciones presidenciales. A cambio, la CBS le prometió a la Remington mostrar el logotipo de la empresa ante las cámaras, para hacerle publicidad.

Alguien del departamento de relaciones públicas de la Remington sugirió mejor el uso de una UNIVAC 1 para efectuar el conteo, pensando que así podrían publicitar su máquina. Se le ofreció entonces a la CBS que se montara un pequeño espectáculo que demostrara el poder de cálculo de la máquina. La CBS accedió, pero tomó con cautela la sugerencia de que la computadora predijera el ganador de la elección, dado lo delicado del asunto y la desconfianza que los ejecutivos de la cadena televisiva tenían en la máquina.

En una tarea aparentemente sin precedente en la historia de los Estados Unidos, los ingenieros de la Remington alimentaron con miles de datos estadísticos de elecciones pasadas (desde 1928) a la UNIVAC I, usando además la asesoría de politólogos que les indicaban qué datos eran relevantes y cuáles no. Temerosos de hacer el ridículo, los ingenieros de la Remington decidieron utilizar tres computadoras: una para procesar los datos cuando estuvieran al aire, otra para verificar sus resultados y una última para respaldo, en caso de que algo saliera mal con las otras dos. La información se transmitiría por medio de teletipos en Nueva York y Filadelfia.

La CBS comenzó su transmisión a las seis de la tarde (tiempo de Nuevo York) del 6 de noviembre de 1952, y los primeros resultados de la elección se enviaron por triplicado mediante teletipo y se transfirieron a tres cintas magnéticas. Si los resultados de las tres máquinas coincidían, entonces la información producida se almacenaba en una cuarta cinta. El programa que se escribió verificaba posibles inconsistencias de la información y procesaba los datos de acuerdo con las tendencias históricas que la UNIVAC I tenía almacenada. A las 8:30 de la noche y con sólo 7% de los votos totales procesados, la UNIVAC I predijo una victoria arrolladora del candidato republicano Dwight D. Eisenhower sobre su contrincante demócrata Adlai E. Stevenson.

Lea el artículo completo: http://bit.ly/2ahfPBi

*Publicación original: *Cinvestav*, vol. 26, No. 2, abril-junio 2007, pp. 68-71.

NO ERES TÚ... *ES MI* MICROBIOTA

Jaime García Mena
Selvasankar Murugesan
Departamento de Genética
y Biología Molecular
jgmena@cinvestav.mx
selva@cinvestav.mx

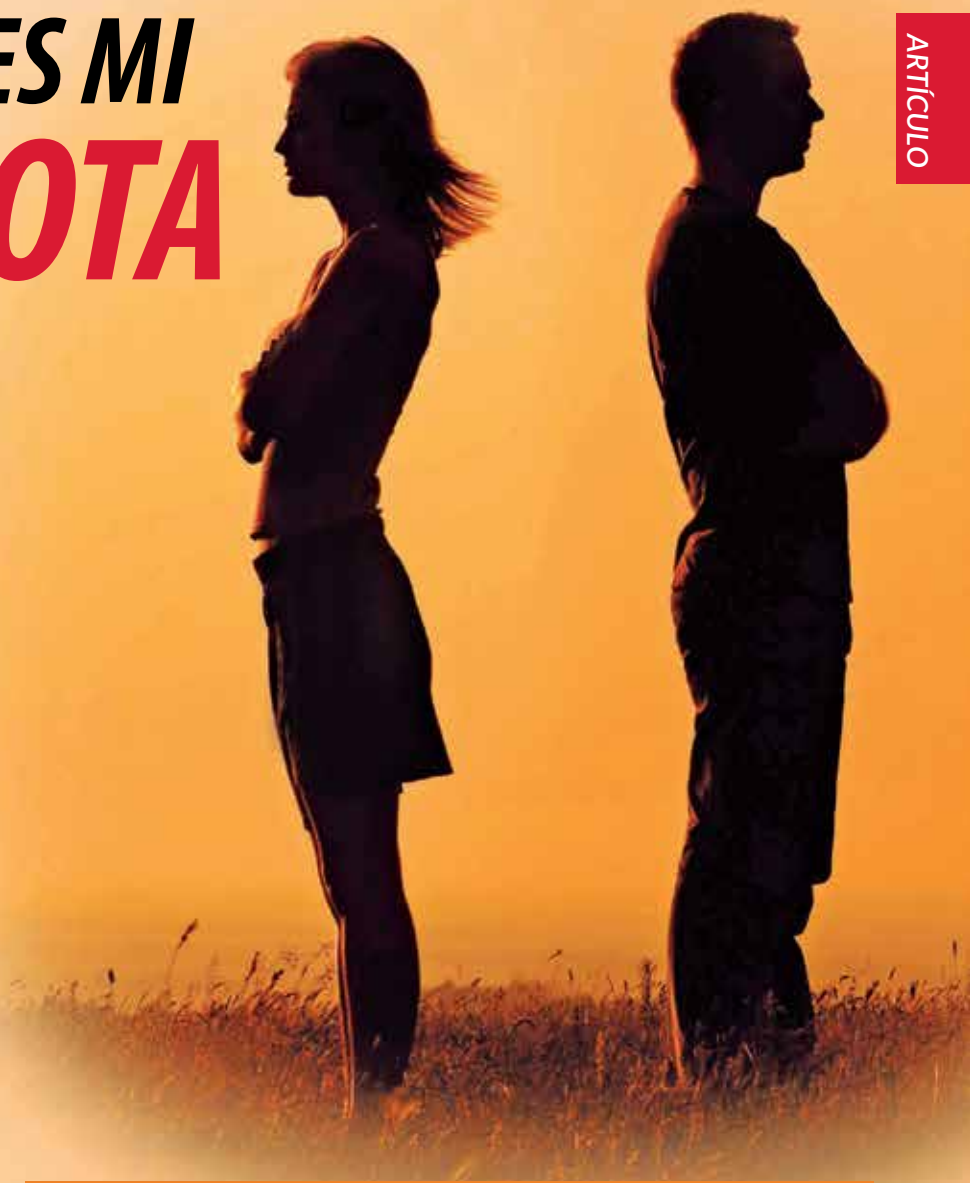


Figura 1. Los tres genomas residentes en el humano

Genoma mitocondrial

Microbioma

Genoma cromosomal

Hace cerca de 16 años, Eugene V. Koonin, renombrado académico del Centro Nacional para la Información Biotecnológica, de Bethesda, Estados Unidos, reportó que un ser humano requiere entre 100 mil y 150 mil genes para vivir en condiciones ideales, pero el proyecto de secuenciación del genoma humano mostró que no tenemos tal número de genes.

De manera clásica se aceptaba que la información genética que requiere el ser humano para existir está en su genoma cromosomal. Sin embargo, el concepto contemporáneo de almacenamiento y transmisión de la herencia genética reconoce actualmente que los genes que nos permiten vivir y funcionar se encuentran en al menos tres genomas diferentes: el cromosomal, el mitocondrial y el microbioma (Figura 1).

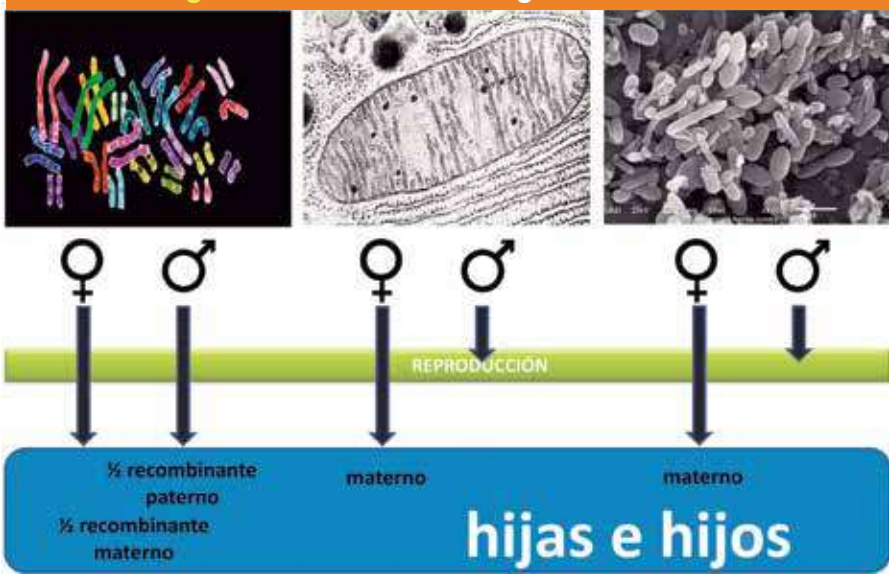
El genoma humano cromosomal contiene en sus 23 pares de cromosomas, 20 mil genes codificantes de proteínas, aproximadamente, mientras que el genoma humano mitocondrial contiene 37 genes, siendo 13 para subunidades de complejos respiratorios. Una mitocondria puede tener hasta 10 copias de su ácido desoxirribonucleico (ADN) y una célula humana, por ejemplo del hígado, podría albergar hasta 2 mil mitocondrias.

La importancia en el humano de los genomas cromosomales y mitocondriales se manifiesta por los diversos padecimientos relacionados con su disfunción. Es interesante saber que, adicionalmente, la expresión de estos dos genomas a lo largo de la vida puede ser modificada en respuesta a estímulos ambientales por procesos de metilación del ADN o la acetilación de histonas (cromosomas), la base de la epigénesis. No obstante, el siglo XXI ha traído más documentación de nuestro tercer genoma humano: el microbioma.

Nuestro asombroso tercer genoma

El genoma microbiano o microbioma humano se define como el conjunto de genes que constituyen los genomas de todos los microorganismos que habitan el cuerpo humano por dentro y por fuera: la microbiota. En la actualidad para el microbioma humano se han anotado 10 millones de genes diferentes codificantes de proteínas disponibles en las bases de datos públicas.

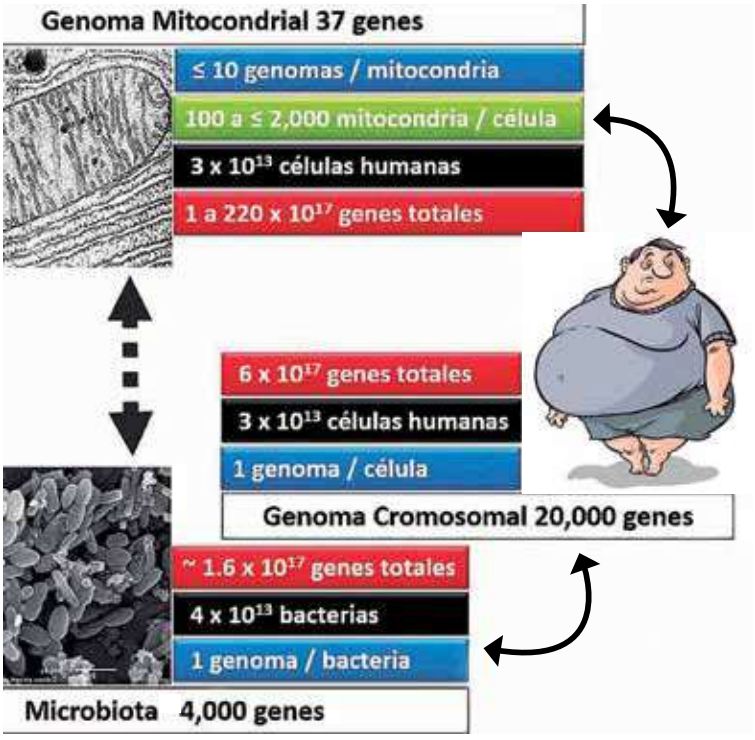
Figura 2. Herencia de los tres genomas humanos



Gráficos: Jaime García y Selvasankar Murugesan

Al igual que como ocurre para los genomas cromosomales y mitocondriales humanos, existe evidencia de regulación de la expresión del microbioma humano por epigénesis, vía metilación del ADN. Dentro de los microorganismos que constituyen la microbiota o el bioma microbiano, se tienen bacterias, arqueas y hongos, siendo las primeras mayoría con más de 90 por ciento. Si se considera que el cuerpo humano ideal contiene 3 x 10^{13} células y el reporte más reciente sobre bacterias residentes considera que el número es de 4 x 10^{13}, se tiene una relación de casi 1:1 entre ambos números de células.

Figura 3. Interacción de los tres genomas humanos



Herencia de los genomas

En los humanos la información genética cromosomal del padre y de la madre se hereda al fusionarse los gametos masculino y femenino para dar origen al descendiente que portará la mitad de información de cada progenitor; sin embargo, para el caso de la información genética de las mitocondrias, se transmite sólo la de la madre, ya que el nuevo ser no recibe mitocondrias del padre (Figura 2).

Para el caso del microbioma, normalmente el nuevo ser adquiere de parte de la madre un inóculo inicial de la microbiota durante el parto que es muy importante. Luego del nacimiento, la riqueza y la abundancia de los componentes de la microbiota aumentan durante la lactancia y varían durante la interacción con el ambiente a lo largo de la vida.

El microbioma y las enfermedades

De esta forma, podríamos concluir que los humanos funcionamos basados en la expresión de entre 9 x 10^{17} a 227 x 10^{17} genes totales de los tres genomas a lo largo de la vida (Figura 3). La importancia del microbioma para la salud humana se valora cuando existe una perturbación en la diversidad de la microbiota, lo que afectaría a cerca de 18 por ciento de los genes que requerimos para vivir.

Esta situación se ve reflejada en la existencia de al menos 11 enfermedades relacionadas con desbalance en la diversidad de la microbiota y disfunción del microbioma en humanos que han sido documentadas experimentalmente. Entre éstas figuran desórdenes metabólicos, como la obesidad y la diabetes tipo 2; neurológicos, entre ellos el autismo, el Alzheimer y el Parkinson; los desórdenes autoinmunes como el asma, la esclerosis múltiple, el lupus y aun otros oncológicos, como cáncer de estómago, de mama y el colorrectal.

Metabolitos producidos por la microbiota

Aunque la microbiota humana está presente en todo el cuerpo, es la del aparato digestivo la que más se ha estudiado. En el aparato digestivo tenemos la microbiota más abundante en el cuerpo humano, con una cifra estimada de cerca de 1 x 10^{11} bacterias por cada gramo de contenido del intestino grueso. Como una referencia, el planeta Tierra mantiene a cerca de 7 mil millones de habitantes o 7 x 10^{9}.

Además de su alto número, la microbiota del tracto digestivo es también notoria por la producción de metabolitos por fermentación de nutrientes que no son absorbidos durante la digestión química que ocurre hasta el intestino delgado. Al colon llegan, entre otras substancias, residuos no digeridos para ser fermentados por la microbiota residente (Figura 4).

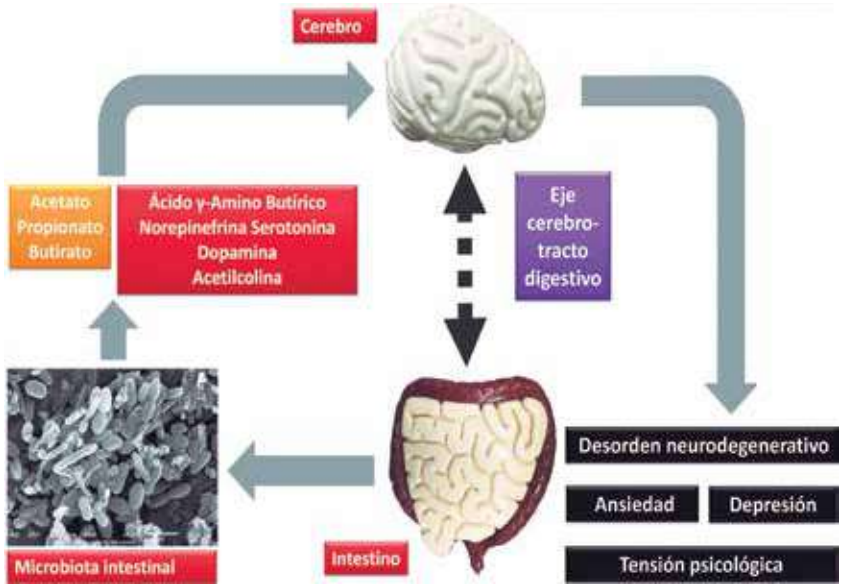
La fermentación en el colon produce principalmente ácidos grasos de cadena corta como propionato, butirato y acetato, que son importantes para la nutrición, a partir de fibra alimentaria soluble como es el almidón resistente y la inulina. De estos tres ácidos, el acetato es el más abundante y una producción excesiva crónica se ha asociado a obesidad, usando roedores como modelo de estudio.

Influencia del microbioma en la conducta humana

La relación de la microbiota del colon (y el microbioma) con padecimientos neurológicos en humanos (autismo, el Alzheimer y el Parkinson), podría deberse a que, adicionalmente a la producción de metabolitos nutricionales, la microbiota del colon es capaz de generar compuestos neurotransmisores como son el ácido gama amino butírico (GABA), la norepinefrina (NE), la serotonina, la dopamina y la acetilcolina. Estas moléculas son capaces de llegar a sus blancos neuronales en el cerebro atravesando la barrera hemato-encefálica, con una posible influencia en la función del sistema nervioso y la conducta humana. Se han reportado estudios en ratón, donde se muestra que algunas especies de Bifidobacterias y Lactobacilos, así como *Bacteroides fragilis* tienen efectos positivos en aliviar síntomas relacionados con ansiedad, depresión y autismo.

Esta es una buena evidencia de la relación tracto digestivo-cerebro que podría contribuir, además de los desórdenes neurodegenerativos, a situaciones como la ansiedad, la depresión y la tensión psicológica, estados que afectan la sociabilidad en los seres humanos. Si bien todavía queda mucho por investigarse y no todos los padecimientos relacionarán a la microbiota, su presencia en el tracto digestivo tiene una influencia potencial en el comportamiento, que la próxima vez podríamos decir..... "tenemos que terminar, pero no eres tú, ni soy yo, es mi microbiota".

Figura 4. Producción de metabolitos y neurotransmisores



Agradecimientos

Se agradece el apoyo para la escritura de este texto al Cinvestav, a Fundación Miguel Alemán, Conacyt 163235 INFR-2011-01 y FONSEC SS/IMSS/ISSSTE-Conacyt-233361 para JGM; así como apoyo postdoctoral de Conacyt-233361 para SM.

Bibliografía

Aviles-Jimenez, F., Vazquez-Jimenez, F., Medrano-Guzman, R., Alejandra Mantilla, et al. 2014, "Stomach microbiota composition varies between patients with non-atrophic gastritis and patients with intestinal type of gastric cancer." *Sci Rep*. 4: 4202.

Chen, J., Chia, N., Kalari, K,R., Yao, J.Z., et al. 2016, "Multiple sclerosis patients have a distinct gut microbiota compared to healthy controls." *Sci Rep*. 6: 28484.

Gao, Z., Guo, B., Gao, R., Zhu, Q., et al. 2015, "Microbiota disbiosis is associated with colorectal cancer". *Front Microbiol*. 6, 20. http://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00020

Harach, T., Marungruang, N., Dutilleul, N., Cheatham, V., et al. 2015, "Reduction of Alzheimer's disease beta-amyloid pathology in the absence of gut microbiota." *arXiv preprint arXiv*:1509.02273.

Marri, P.R., Stern, D.A., Wright, A.L., Billheimer, D., et al. 2013, "Asthma-associated differences in microbial composition of induced sputum." *J Allergy Clin Immunol*. 131: 346-352.

Mezzelani, A., Landini, M., Facchiano, F., Raggi, M. E., et al. 2014, "Environment, dysbiosis, immunity and sex-specific susceptibility: a translational hypothesis for regressive autism pathogenesis." *Nutr Neurosci* 18: 145–161.

Murugesan, S., Ulloa-Martínez, M., Martínez-Rojano, H., Galván-Rodríguez, F.M., *et al*. 2015, "Study of the diversity and short-chain fatty acids production by the bacterial community in overweight and obese Mexican children." *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 7: 1337-1346.

Remely, M., Dworzak, S., Hippe, B., Zwielehner, J., et al. 2013, "Abundance and Diversity of Microbiota in Type 2 Diabetes and Obesity." *J Diabetes Metab*. 4: 253.

Scheperjans, F., Aho, V., Pereira, P. A., Koskinen, K., et al. 2015, "Gut microbiota are related to Parkinson's disease and clinical phenotype." *Mov Disord* 30, 350–358.

Xuan, C., Shamonki, J. M., Chung, A., DiNome, M. L., et al. 2014, "Microbial Dysbiosis Is Associated with Human Breast Cancer". *PLoS ONE*, 9: e83744.

Zhang, H., Liao, X., Sparks, J.B, Luo, X.M. 2014, "Dynamics of gut microbiota in autoimmune lupus." *Appl Environ Microbiol*. 80: 7551-7560.

CIENCIA EN

En su última entrevista, el astrofísico y divulgador de ciencia estadounidense Carl Sagan, le mencionaba al presentador de la cadena pública PBS, Charlie Rose, que el fundamentalismo, la superstición y las pseudociencias siempre han existido en la humanidad, pero cuando la sociedad reniega su interés hacia el conocimiento científico, entonces ¿en quién recaen las decisiones en torno a la ciencia y la tecnología que determinarán el futuro de la sociedad?

La pregunta fue lanzada en 1996 por el creador de la exitosa serie de divulgación *Cosmos*, al hacer referencia a un estudio que aludía al nivel de conocimiento que en ese momento tenía la sociedad estadounidense sobre los temas de ciencia y tecnología, y dijo que una mezcla de "ignorancia y poder" sería como un combustible que tarde o temprano estallaría.

A 20 años de esas declaraciones, Estados Unidos (EU) se prepara para una de sus elecciones presidenciales más controvertidas de los últimos años, que destaca en mayor proporción por sus ataques personales que por las propuestas puntuales en temas de importancia para aquel país y, en consecuencia, el resto del mundo.

Dos de los candidatos más impopulares en la historia electoral se disputarán el próximo 8 de noviembre la presidencia de lo que, hasta ahora, continúa siendo el país más importante del orbe. De acuerdo con la encuesta realizada por el diario liberal *The Washington Post* y la cadena televisiva *ABC News*, tanto Hillary Clinton (demócrata) como Donald Trump (republicano) son los candidatos presidenciales con mayor desaprobación en el electorado estadounidense desde que se realizan este tipo de sondeos (en la década de 1980).

Para los interesados en el tema de ciencia y tecnología la situación no es diferente, sobre todo porque ni la demócrata ni el republicano se han manifestado de manera contundente por apoyar a este sector, y sus plataformas políticas que pueden ser consultadas por sus seguidores apenas esbozan ciertas ideas sobre el tema, por lo que ambos cuentan con poco apoyo del sector científico.

Incluso existen temas relacionados con la ciencia, tecnología e innovación en los que ambos candidatos coinciden, ya sea en su apoyo o en el desconocimiento sobre el tema, tal como ocurre en torno a la exploración espacial,

TIEMPOS ELECTORALES

la cual los dos promueven, o bien en la cuestión del uso de organismos genéticamente modificados, misma en la que no han hecho pronunciamiento alguno.

De vacunas, tecnología militar y migración

El caso del empresario y candidato republicano es particular, no sólo por hacer escasa referencia de la ciencia y la tecnología en su plataforma política, sino por sus declaraciones públicas calificadas de pseudocientíficas, como ocurrió en un debate de las elecciones primarias del Partido Republicano en 2015, cuando mencionó que se debía reducir las dosis de las vacunas y programarlas en un periodo más largo de tiempo a fin de disminuir los casos de autismo en niños, a pesar de que las comunidades médica y científica han descartado ese vínculo.

"Estoy completamente a favor de la vacunas pero en pequeñas dosis por un periodo más largo de tiempo, porque he visto a niños que unas semanas parecían sanos y después de la vacuna presentan una fiebre extraordinaria y ahora son autistas. El autismo se ha convertido en una epidemia, hace 25 o 35 años las estadísticas no mostraban esos números, ahora está fuera de control", dijo el aspirante republicano.

También tiene una posición similar en el tema del cambio climático, donde su argumento central para negar la intervención del hombre en el incremento de la temperatura del planeta es que en realidad se trata de una "farsa china" y "una forma de impuesto muy caro". Incluso se ha manifestado por recortar el presupuesto de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés), a la que ha calificado del "hazmerreir mundial" y ha vacilado con otorgarle a cada estado la potestad absoluta en torno a las acciones contra la contaminación.

En una entrevista que otorgó a la junta editorial de *The Washington Post*, Trump señaló que si bien existe cambio en el clima, no se considera un "gran creyente" en que el hombre sea responsable del fenómeno.

Su principal consejero en la materia es el congresista Kevin Cramer, quien se ha calificado como un escéptico del cambio climático, pero que está de acuerdo con implementar el "impuesto sobre el carbono" en EU, que consiste en aplicar una tarifa a la producción, distribución y uso de combustibles fósiles basada en la cantidad de carbono emitido por cierta combustión.

De hecho, Trump ha expresado su apoyo para continuar con las prácticas de sustracción de petróleo a través del llamado *fracking* dentro del territorio estadounidense; aunque también ha manifestado que las decisiones en temas energéticos requieren de un análisis muy profundo antes de tomar decisión alguna.

Pero no todas las voces de la comunidad científica están contra Trump, como lo hace notar el columnista en temas científicos del periódico conservador *USA Today*, Alex Berezow, quien afirmó en su artículo del pasado 22 de mayo que para el país, que produce 30 por ciento de la ciencia en todo el mundo, la presencia de Donald Trump en la Oficina Oval sería una experiencia similar a la del presidente número 40 de Estados Unidos, Ronald Reagan.

Berezow refiere que el discurso que ha manejado Trump en su campaña involucra a la ciencia y la tecnología, en la que buscará mantener a la nación en el liderazgo internacional en temas como el espacio, donde megaproyectos de exploración de otros planetas o la colonización de la Luna son del interés del republicano.

Asimismo, el impulso a la tecnología militar es un tema en el que tradicionalmente los presidentes republicanos han sido enfáticos, y en el caso particular de Donald Trump ha mostrado su apoyo a ese sector al mencionar que debe incrementarse el gasto público en aspectos militares (hasta 2015 era de 596 mil millones de dólares, según el Instituto Internacional de Investigación para la Paz de Estocolmo), aunque sin hacer un énfasis particular a la investigación y desarrollo en la materia.

Sin embargo, uno de los temas más controvertidos a lo largo de la campaña del empresario es su postura respecto a la migración, principalmente de dos poblaciones: la mexicana y la musulmana. Se estima que cinco por ciento de todos los estudiantes en EU pertenecen a otro país, incluidas las alrededor de 380 mil personas que cursan estudios profesionales relacionados con ciencia, ingeniería, tecnología o matemáticas.

Trump ha mencionado que de llegar a la presidencia, realizaría un ajuste al programa de visado para trabajadores profesionales en ocupaciones especializadas, conocido como Visa H-1B, ya que de acuerdo con el republicano "se ha abusado de ese esquema para ingresar al país".

Cura de enfermedades y descarbonización

Tan solo a unas horas de obtener la mayoría de representantes demócratas para su nominación como candidata a la Presidencia, Hillary Diane Rodham Clinton enfocó los ataques a su contrincante republicano, incluso llevó la batalla al terreno de la ciencia y tecnología, al incluir dentro de sus temas de campaña al autismo, una enfermedad que Donald Trump relaciona con las vacunas.

Hasta mayo de 2016, su sitio oficial de campaña (que cuenta con una versión en español, pero sin mencionar temas de ciencia y tecnología) no hacía referencia alguna de este tema, pero a partir de junio ese padecimiento aparece como un punto central de la campaña, y sin hacer mención de la creencia de la relación entre las vacunas y el autismo, propone incrementar la investigación sobre ese padecimiento, su tratamiento y detección.

Ese no es el único punto en el que la ex secretaria de Estado refiere sobre ciencia y tecnología. Como parte de su propuesta de crecimiento económico ha mencionado como prioridad apoyar a ese sector, al asegurar que una de las mejores formas para crear empleos y mejorar la competitividad del país, que se ha mermado en los últimos años, es a través de su apoyo tanto público como privado.

Para ello, propone una reforma de impuestos corporativos que incentive la inversión al interior del territorio estadounidense, al tiempo que buscará incrementar los fondos de investigación científica en organismos como los Institutos Nacionales de Salud y la Fundación Nacional para la Ciencia.

Otra postura de la candidata demócrata es la intención de aportar 2 mil millones de dólares cada año a la investigación en torno al Alzheimer y otras enfermedades neurodegenerativas (tres veces más de lo que invierten actualmente los Institutos Nacionales de Salud), y se han planteado como límite el año 2025 para encontrar su cura.

La estrategia de Hillary Clinton es revertir la tendencia de crecimiento de casos relacionados con enfermedades neurodegenerativas, en la que se calcula que para 2050 alrededor de 15 millones de estadounidenses presentarán algún tipo de afectación. El plan de la candidata no sólo se basa en el incremento del gasto público en investigación, sino también establecer un "equipo élite" de asesores en la materia a quienes se les consultará continuamente sobre los avances del programa a lo largo de su administración.

En cuanto al tema energético, ha señalado reiteradamente su deseo de llevar la economía estadounidense a un "camino de profunda descarbonización" para 2050. Como principal acción está el incrementar la inversión pública en la investigación y desarrollo de energía limpia, incluida la tecnología de almacenamiento y diseño de materiales.

Como parte de su estrategia energética, la ex primera dama de EU sostiene dos principales metas. La primera es la instalación de 50 millones de paneles solares

a lo largo del territorio estadounidense al concluir su primer periodo como huésped de la Casa Blanca. La segunda meta es la generación de energía limpia renovable capaz de satisfacer cada casa de aquella nación en un periodo no mayor a una década.

De acuerdo con los cálculos de su equipo de campaña, esos objetivos significarían que el país vecino podría generar 140 gigawatts al finalizar la presente década; o sea, incrementar 700 veces su capacidad actual, para lo cual requiere también del uso de otras fuentes alternas de energía, como la geotérmica, el hidrógeno o el viento.

¿En vilo científicos mexicanos?

El fenómeno electoral estadounidense nunca había tenido tanta relevancia como ahora entre los profesionales, científicos y tecnólogos mexicanos que laboran en EU, así como de aquellos funcionarios nacionales que prestan apoyo a los connacionales en aquel país.

Una fuente consultada de la Red Global Mx, que apoya la colaboración de mexicanos calificados en el extranjero, a través de la Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE), mencionó que sí existe preocupación por el crecimiento de la popularidad del candidato republicano Donald Trump, por lo que se han realizado campañas con los miembros de los distintos capítulos (sedes) de la Red a fin de promover las aportaciones de los mexicanos altamente calificados que laboran o tienen una estancia educativa en EU.

Uno de esos mexicanos es Ricardo Godínez Moreno, quien preside el capítulo Boston de la Red Global Mx, y señala que inclusive actualmente ser un científico o tecnólogo con nacionalidad extranjera en EU es difícil, toda vez que las posibilidades de obtener subsidios a través de fondos públicos o privados para un proyecto de investigación es muy complicado si no se cuenta con la tarjeta de residencia permanente, conocida como *Green Card*.

Godínez Moreno es un convencido de que el apoyo por parte del gobierno mexicano a científicos y tecnólogos nacionales que ejercen en territorio estadounidense es fundamental no sólo para enfrentar al fenómeno Trump, sino también con el objetivo de fortalecer el intercambio de conocimiento.

"Es posible que los profesionales especialistas de los distintos capítulos en EU de la Red Global Mx convoquemos a reuniones con el objetivo de hacer un plan de acción para hacer frente a distintos tipos de problemas que enfrentamos, pero se debe de hacer de manera conjunta con la SRE y el propio Conacyt para saber qué rumbo tomar o conocer hasta dónde vamos a recibir apoyo", refirió Ricardo Godínez, también fundador de la empresa tecnológica BigDataBio LLC, con sede en Boston.

Una visión diferente la tiene un investigador mexicano adscrito a la Universidad de Texas en Dallas, cuyo nombre pidió ser omitido, al asegurar que la postura que ha tomado Donald Trump a lo largo de su campaña, desde la carrera para la nominación republicana, obedece más a una estrategia de mercadotecnia que a un análisis político profundo.

"Debemos de considerar que su visión es la de un empresario que para ganar adeptos toma los temas que más le funcionen para su campaña, pero sabe que muchas de las posturas que actualmente menciona deben flexibilizarse, porque no son sencillas de llevar a cabo, incluidas las de la migración", comentó el investigador.

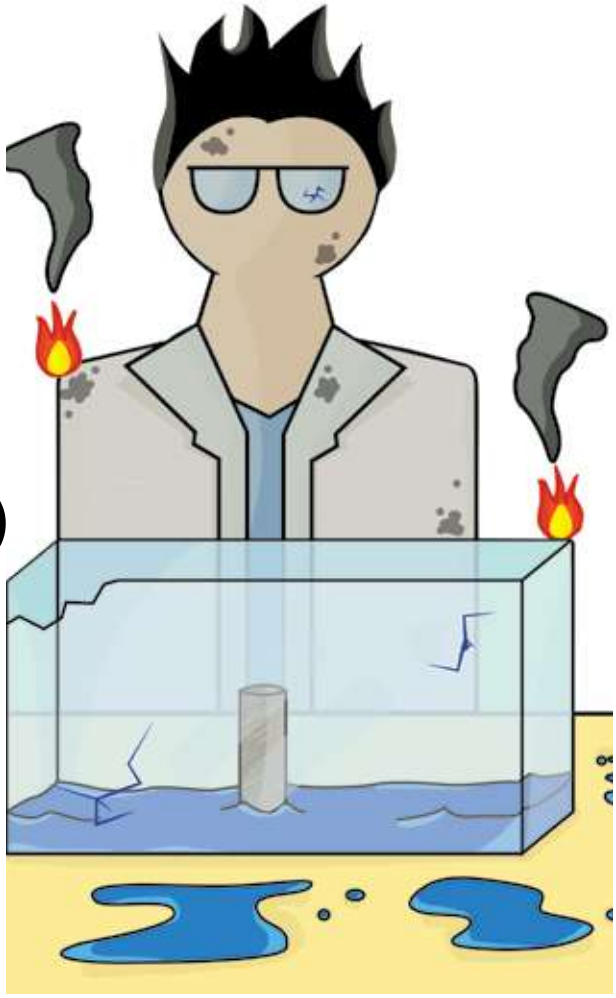
Para Steven Leslie, vicecanciller de Asuntos Académicos del Sistema de la Universidad de Texas (UT), la relación científica y académica entre México y EU no debería cambiar cualquiera que sea el resultado del próximo 8 de noviembre.

Al ser entrevistado en el marco de la firma del convenio de colaboración con el Conacyt, el funcionario de la UT mencionó que entre los dos países, en particular con la institución que representa, se han construido relaciones positivas en muchos sentidos, incluso entre empresas que se puedan desarrollar a partir de proyectos universitarios. "Nosotros vemos a los mexicanos no sólo como amigos, sino como un socio importante para construir nuevos proyectos", refirió.

No obstante recalcó la importancia de establecer garantías para los científicos mexicanos en EU a partir de convenios, como el firmado entre el Sistema de la Universidad de Texas y el Conacyt, que sirvan de marco a fin de dar claridad y certeza a los investigadores que quieran empezar o continuar una relación laboral con entidades estadounidenses.

(Héctor de la Peña)

DESLICES CIENTÍFICOS



Héctor de la Peña
Subdirección de Intercambio Académico
hdelapena@cinvestav.mx

La generación de energía, la tecnificación de la vida cotidiana, incluso la forma en que se comunican, alimentan y atienden sus problemas de salud las sociedades actuales, son logros de la ciencia y la tecnología. Pero por cada caso de éxito también existen historias de fracasos, errores y malas interpretaciones ocurridas en centros de investigación, algunas de ellas mucho más sonadas que otras por la relevancia del proyecto o personaje.

En un ejercicio para recordar algunos de estos "errores" y tabús científicos más sonados, expertos en distintas áreas del Cinvestav hacen un análisis de lo que pudo ocurrir en esas investigaciones e hipótesis que carecieron de una de las máximas de la ciencia: la comprobación del resultado.

Energía ilimitada en una mesa de laboratorio

A finales de la década de 1980 se anunció un descubrimiento científico que prometía revolucionar la forma de obtener energía de forma ilimitada y de paso contribuir a la reducción del impacto ambiental. En su laboratorio de la Universidad de Utah, en Estados Unidos (EU), Martin Fleischmann y Stanley Pons aseguraron haber logrado la fusión fría mediante un sencillo experimento de electrólisis que consistía en colocar una barra de paladio rodeada de hilo de platino, la cual sumergieron en agua pesada rica en deuterio que dio como resultado una explosión (que no tuvieron oportunidad de presenciar).

Así se había generado la fusión fría, y a decir de sus inventores representaba un hito para la ciencia mundial y la humanidad, ya que al aplicar corriente eléctrica, el deuterio (hidrógeno compuesto por un protón y un neutrón) se separa del oxígeno del agua y se acumula en la barra de paladio. Después, los átomos en la barra de paladio ayudarían a que tuviera lugar la fusión a temperatura ambiente, provocando una reacción nuclear que libera energía.

Los científicos estadounidenses, que en ese momento eran considerados dentro del grupo élite de electroquímicos a nivel mundial, aseguraron haber obtenido con el experimento el equivalente a un vatio de energía por centímetro cúbico de agua, lo que representaba unas 50 veces más de la energía utilizada en el mismo.

"El experimento resultaba tan sencillo de hacer que de inmediato investigadores de todo el mundo intentaron replicarlo. Incluso hubo investigadores en el Cinvestav que trataron de reproducir esos experimentos; hacían electrólisis con agua deuterada, paladio, a veces utilizaban contadores Geiger para detectar partículas de origen radioactivo y no vieron nada", recuerda Felipe González Bravo, investigador del Departamento de Química, quien en ese momento realizaba su posgrado en el Centro.

De acuerdo con González Bravo, el suceso cobró mayor relevancia no sólo por el hecho de haber creado la fusión fría, sino porque quien supuestamente

la había obtenido, Martin Fleischmann, era un reconocido científico que contaba entre sus logros con ser pionero en el uso de la espectroscopia llamada SERS (*Surface Enhanced Raman Spectroscopy*), que actualmente es empleada en la nanotecnología; además de ser una investigación publicada en la revista *Nature* y en el *Journal of Electronic Analytical Chemistry*, que en ese momento era la revista más importante sobre electroquímica.

"El principio del trabajo de Fleischmann y Pons fue utilizar deuteróxido de litio en agua deuterada, al electrolizar se generaba deuterio y el paladio tiene la propiedad de que absorbe como esponja el deuterio. Entonces la cantidad de éste que se absorbe sobre el paladio, en teoría, era tan grande que los núcleos se fusionaban y eso debía implicar una gran emisión de calor", explica el científico.

Pero señala que una de las inconsistencias que ahora se ha comprobado es que si la emisión de calor fue lo que destruyó el dispositivo experimental, y si el experimento llevó agua deuterada, ésta se hubiera evaporado, el paso de corriente se interrumpiría y en consecuencia el experimento se habría detenido antes de la fusión.

Para Felipe González Bravo, el mayor error de Martin Fleischmann y Stanley Pons es el mismo en el que han caído cientos de investigadores: cuando se cree obtener un resultado de alto impacto siempre existe la presión de obtener reconocimiento. En este caso no hicieron más experimentos para comprobar y de inmediato lanzaron la publicación.

A 25 años del surgimiento y caída de la fusión fría, el experto reflexiona que ese error, aunque es atribuido sólo a los investigadores de la Universidad de Utah, también involucra a las revistas especializadas, ya que todavía en la actualidad, cuando se envía el artículo, muchas veces el revisor o no entiende o hace revisiones muy superficiales, y eso fue lo que pasó seguramente. "Los científicos no estamos exentos en la actualidad de ese tipo de errores, porque reportamos lo que creemos con base a lo observado", asegura.

Un ADN con tres hélices

Cuando se escucha hablar del ácido desoxirribonucleico (ADN) lo primero que viene a la mente es su estructura de dos hélices compuestas de fosfato y azúcar (desoxirribosa) y unida por cuatro bases nitrogenadas (adenina, guanina, citosina y timina) que sirven como peldaños. Esa imagen que se emplea en cualquier ícono relacionado con la genómica o genética, y que aparece por cientos en una búsqueda de imágenes a través de Google, se debe gracias a la investigación del bioquímico estadounidense James Watson y el biólogo británico Francis Crick, a quienes se les atribuyó el descubrimiento de la estructura molecular del ADN en 1953.

A partir de ese descubrimiento se sabe que la estructura de doble cadena facilita el copiado de la información genética y por su disposición estructural mantiene los peldaños de nucleótidos hacia el centro, los cuales están unidos por una fuerza llamada de Van der Waals, lo que mantiene a los grupos de fosfatos y ribosas hacia afuera de la estructura para servir de esqueleto y protección contra posibles agentes mutagénicos externos.

Pero algunos meses antes de que Watson y Crick dieran a conocer los resultados de su investigación, el científico estadounidense Linus Pauling, reconocido por sus aportes en química cuántica y bioquímica, galardonado con el Premio Nobel de Química 1954, publicó en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences*, junto con su auxiliar Robert Corey, una propuesta de estructura del ADN que consistía en tres hélices.

"Pauling basó su propuesta de ADN en una de sus investigaciones previas que lo llevó al descubrimiento de la hélice alfa (estructura secundaria de las proteínas), que es un dominio estructural generado por las cargas que conforman una secuencia de aminoácidos, que agrupadas con otros dominios como las láminas beta generan la estructura funcional de las proteínas", explica Miguel Andrés Vallebueno Estrada, quien forma parte del Laboratorio de Interacción núcleo-mitocondria y Paleogenómica en la Unidad de Genómica Avanzada del Cinvestav, en Irapuato, Guanajuato.

Según Vallebueno Estrada, uno de los errores principales del modelo de Pauling fue considerar que las cargas de los fosfatos se disponían hacia el interior de la molécula de ADN, ya que al tener cargas negativas interaccionando entre sí se repelerían haciendo inestable la estructura de tres hélices propuesta.

"En el periodo en que se propuso el modelo de tres hélices poco se sabía sobre la interacción de carga de las moléculas, siendo los trabajos de Pauling pioneros en este campo por lo que, gracias a sus observaciones, hoy resulta lógico rechazar dicho modelo".

Además refiere que, como es conocida la historia, la falta de oportunidad por parte de Pauling de conocer las imágenes de difracción de rayos X obtenidas por Rosalind Franklin, que ayudaba a identificar el acomodo de las moléculas en una proteína o molécula viva, lo privó de saber la distancia entre las moléculas (3.4 nanómetros) y el rango de su diámetro (dos nanómetros), y por lo tanto inferir que la densidad del ADN era muy alta en el centro de la estructura, lo que ubicaba a los nucleótidos al centro de la molécula.

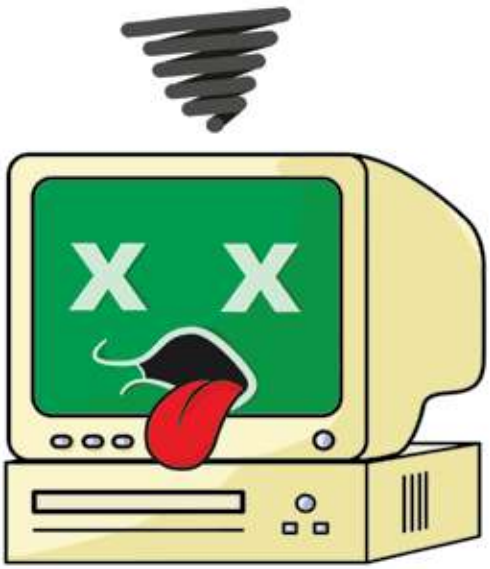
Si bien la teoría del ADN de Pauling es reconocida como uno de los errores más destacados en la historia de la ciencia moderna, sus trabajos permitieron el desarrollo de la bioquímica moderna, y por esto tiene el mérito de ser uno de los científicos más grandes del siglo XX.

Pese a todo hay que aclarar que no todo el ADN es de doble cadena; en la actualidad se han descubierto organismos con estructuras diferentes, como es el caso de algunos virus que tienen cadenas sencillas, e incluso hay regiones en el genoma de los propios humanos que tienen tres hélices, en específico los llamados telómeros, que son zonas alargadas en los brazos de los cromosomas, donde hay mayor desgaste de la información.

"En los lazos teloméricos las hebras están tan comprimidas que tienen una estructura de tres hélices porque las interacciones entre los puentes de hidrógeno de los nucleótidos son tan fuertes que forman ese tipo de estructuras. Aunque cabe destacar que no guardan relación con la hipótesis de Pauling", apunta Vallebueno Estrada.

El miedo al doble cero

Más de 800 millones de dólares a nivel mundial se estima que fue la inversión de contrarrestar los efectos de un *bug* o falla informática denominada Y2K, por su acrónimo en inglés que significaba



año 2000. A diferencia de los casos anteriores, este "error" más que una hipótesis equivocada se trató de un descuido de programación que tuvo en vilo a varios sectores de la sociedad, sobre todo el financiero, el de seguridad y de las telecomunicaciones, y que también permeó a la sociedad general.

El fallo informático no era más que un simple error en la lógica de miles de programas implementados para funcionar con fechas de dos dígitos, consiguiendo de esta manera ahorrar espacio en los limitados sistemas de principio de la informática, donde ahorrar el más mínimo bite era imprescindible. Así, por ejemplo, se abreviaba el año 1988 con sus dos últimos dígitos: 88. De modo que la llegada del año 2000 podría interpretarse para los sistemas informáticos pasar al año 1900.

La falla fue detectada por expertos de cómputo tres décadas antes, pero cobró mayor relevancia a medida que se acercaba la fecha de cambio de siglo. Fue tal la necesidad de los ajustes informáticos que el Congreso de EU presentó su primer reporte oficial sobre el problema desde 1996 y dos años más tarde la administración de Bill Clinton había nombrado un comisionado que atendiera el problema.

Incluso en México se contó con una comisión para analizar el problema; varias organizaciones y compañías internacionales empezaron a tomar conciencia del problema Y2K. Por ejemplo, las dos empresas más importantes de fabricación de aviones, Airbus y Boeing, tuvieron que desarrollar equipos de contingencia a fin de garantizar que los sistemas informáticos embebidos en las aeronaves no tendrían problemas durante el paso del año 1999 al 2000.

A pesar de que el error informático del año 2000 sí representaba riesgos en los sistemas de algunos sectores productivos, para Sergio Chapa Vergara, investigador del Departamento de Computación del Cinvestav, el *bug* Y2K pasó de ser un riesgo real, pero muy focalizado, a una percepción social fatalista.

"Tuvimos una gran cantidad de sistemas que iban a tener esos problemas, pero todo se magnificó porque vivimos en una época tecnológica, donde hemos puesto demasiada confianza en los sistemas informáticos, de modo que lo acontecido en 2000 puede replicarse en cualquier momento por otros errores de sistema", sostiene Chapa Vergara.

El investigador del Cinvestav fundamenta su comentario en los teoremas de Gödel y Turing que sostienen que no existen sistemas formales o de cómputo que sean completos; es decir, que no todo es demostrable o computable.

A 16 años de distancia del error del milenio, Chapa Vergara apunta que en su momento los científicos expertos en computación sabían que se tenían que

hacer los ajustes necesarios para evitar cualquier problema, pero que nunca se trató del riesgo de una hecatombe mundial.

De hecho, recuerda que se tomaron providencias en los sistemas de acuerdo al riesgo que significaba. "Por ejemplo, si el sistema a tratar operaba una planta nucleoeléctrica y la probabilidad de riesgo era pequeña, de cualquier forma se realizaban los ajustes necesarios; en cambio, de tener una alta probabilidad de falla de sistemas poco trascendentes no era necesario atenderlo de manera inmediata, así se trabajó en ese momento".

¿Temor sustentado?

Durante 2016, la Agencia de Seguridad Nacional de EU (NSA, por sus siglas en inglés) ha realizado una serie de declaraciones sobre la vulnerabilidad a la que podrían estar expuestos prácticamente todos los sistemas de seguridad informática a nivel mundial, y apunta como el principal responsable al "peligroso" cómputo cuántico. De hecho, ha señalado que a raíz del crecimiento en la investigación en esa área, se ve en la necesidad de actuar inmediatamente, sin mencionar qué acciones tomaría.

Esa "peligrosa" tecnología a la que se refiere la NSA es una idea que se remonta a la segunda mitad del siglo pasado, cuando se mencionó por primera vez el término de superposición aplicable al ambiente informático, y se refiere a la opción de un objeto, en este caso un bit cuántico o qubit, de poseer dos o más valores de manera simultánea. Es decir, un qubit lo podemos ver como la probabilidad del gato de Schrödinger, que puede estar muerto (valor 0) o vivo (tomar el valor 1), hasta en tanto que no se abra la caja no se sabe si está vivo o muerto, o sea está en un estado de superposición.

La forma en que trabajarían las computadoras cuánticas es que en el estado inicial contienen todos los datos posibles para hacer un cálculo adecuado (a través de un algoritmo), de forma que al operar sobre los qubits en superposiciones de 1 y 0, el algoritmo cuántico resuelve, en cierta forma, todos los cálculos posibles al mismo tiempo.

Dicho en términos llanos, el cómputo cuántico puede manejar información de manera más corta aunque tenga un número mayor de posibilidades para resolver el problema, ya que un algoritmo cuántico se coloca en un punto aleatorio o promedio de espacio de búsqueda y transita en el espacio de posibilidades a fin de llegar más rápido a las soluciones.

A pesar de que existen diversas líneas de investigación en torno al cómputo cuántico, tanto en centros de investigación públicos como en grandes empresas, hasta ahora sus avances son limitados, refiere Guillermo Morales Luna, investigador del Departamento de Computación del Cinvestav, quien asegura que el principal problema para que esos sistemas tengan éxito es de carácter tecnológico.

"El principal problema es mantener en estado de superposición a varias partículas simultáneamente y poder concatenarlas, ya que la sincronización de una gran cantidad de qubits requiere de una tecnología que hasta ahora no se ha probado", enfatiza.

El experto, cuya principal línea de investigación es la criptografía, reconoce que el cómputo cuántico sí representa un peligro para los sistemas de seguridad que actualmente se manejan, y quizá sea por ello que su desarrollo no sea apoyado por ciertas organizaciones, tanto gubernamentales como privadas.

"En el año 2002, el Instituto Tecnológico de Massachusetts anunció que había realizado experimentos que podían simular el cómputo cuántico con el orden de 12 a 15 qubits. En 2015 una compañía canadiense anunció el lanzamiento en el mercado de una computadora cuántica que puede manejar hasta mil qubits, pero para quebrantar los sistemas criptográficos que empleamos en la actualidad necesitamos computadoras cuánticas del orden de 10 millones de qubits. Esto tiene dos lecturas: que el cómputo cuántico no es imposible, pero también que se requieren de muchos años para que puedan emplearse para quebrantamiento de sistemas de seguridad", explica Morales Luna.

Eso sugiere que si bien el cómputo cuántico no puede catalogarse como un error científico o tecnológico, su puesta en marcha requiere de muchos factores para cumplir con todas las expectativas que se han generado a su alrededor. Y para aumentar la controversia en torno al tema, existen especulaciones que suenan más a ficción científica que refieren que a inicios del milenio, en EU se relajó la exportación de productos criptográficos debido a que los sectores militares de aquel país ya cuentan con computadoras cuánticas. Nunca nadie ha dado evidencia de tal especulación.

PROMISORIO FUTURO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Arturo Morales Acevedo
Departamento de Ingeniería Eléctrica-SEES
amorales@solar.cinvestav.mx

El sol como fuente de energía alternativa tiene un potencial infinito, ya sea que se aproveche con celdas solares o a través del calentamiento desigual que genera en la Tierra y que da origen al movimiento del viento

Podemos decir que la energía, a nivel microscópico y macroscópico, es la base de todo lo existente. El mismo ser humano la emplea tanto para vivir como en la producción de todo lo que su inteligencia es capaz de generar. La industria y el transporte en automóviles, aviones y demás también la requieren; por lo tanto, es necesario extraerla, convertirla y aplicarla a las diversas actividades de la sociedad. Esto ocurre en muchos casos de manera natural, pero en general es necesario obtenerla o transformarla por medios artificiales. Por ejemplo, es necesario extraer petróleo del subsuelo y luego quemarlo con el fin de obtener energía térmica con la cual movemos motores para muchos propósitos.

Es claro —entonces— que los combustibles fósiles, las máquinas y los motores están relacionados con el advenimiento de la gran industria, causante del desarrollo económico de las naciones y del surgimiento de las grandes metrópolis, en donde circulan millones de automóviles. Desafortunadamente, esto también ha afectado al intercambio natural de gases, provocando que nuestra atmósfera retenga más energía térmica que la que se tendría de manera natural. Lo anterior implica que gradualmente nos acercamos a un mundo fuera de equilibrio y con un desarrollo no sostenible. Se ha previsto así que el calentamiento en la superficie terrestre puede ser catastrófico e irreversible, causando crisis económicas y sociales debidas a los efectos del cambio climático en nuestro planeta.

Así entonces, diversificar las formas en que producimos la energía requerida es una necesidad ineludible. Se requiere equilibrar y evitar el consumo desmedido de una sola fuente o forma de generar energía, de manera particular si ésta no es renovable. Además, es una medida para alcanzar mayor equilibrio ambiental, económico y social, hacia un desarrollo sostenible en el mundo. Por ejemplo, podemos utilizar la energía térmica proveniente del subsuelo (geotérmica), aquellas generadas a partir del movimiento del aire (eólica) y del agua en los mares (maremotriz) o, finalmente, la que ha sido la fuente de energía indispensable para la misma existencia de la vida sobre la superficie terrestre, es decir

la energía proveniente de la radiación solar. En solo un año se capta más energía de la radiación solar (más de 100 000 TW-año) que toda la contenida en los recursos no renovables (petróleo, gas, carbón, uranio, entre otros) en la superficie terrestre.

Posiblemente, si no existieran los combustibles fósiles habríamos desarrollado las llamadas fuentes renovables de energía hace ya un buen tiempo, pero la facilidad relativa con la cual se han podido obtener estos combustibles ha retrasado dicho avance. Sin embargo, esa realidad se está revirtiendo, ya que obtener petróleo es cada vez más costoso (pozos profundos) y ahora las sociedades modernas están más conscientes del desequilibrio causado por su consumo desmedido. Consecuentemente, las naciones han empezado a fomentar el desarrollo de las fuentes renovables de energía y han planteado nuevos retos a ingenieros y científicos en todo el mundo.

Por eso, los ingenieros están diseñando máquinas y dispositivos cada vez más eficientes que reducen su consumo de energía. El ahorro es la fuente renovable de energía más obvia e inmediata, pero tiene un límite implícito en la segunda ley de la termodinámica, pues de acuerdo con esta ley una máquina o sistema, aun ideal, tendrá una eficiencia menor a cien por ciento.

Entonces, hay que desarrollar nuevas fuentes de energía que puedan ser complementarias. Así, la energía eólica ha alcanzado ya niveles competitivos en cuanto al costo de electricidad que puede producirse, pero no es posible aprovecharla en cualquier sitio. Igualmente, la energía geotérmica no es asequible en todo el mundo, sino sólo en ciertas regiones o países. Las energías provenientes de las olas o de gradientes térmicos en el mar han sido poco desarrolladas y tomará aún muchos años para utilizarlas ventajosamente. Y podríamos mencionar otras alternativas más, pero es conveniente recordar el gran potencial energético que hay a partir de la radiación solar, misma que, como ya se mencionó, es mayor al de todas las fuentes renovables y no renovables sobre la superficie terrestre.

Una forma de aprovechar este gran potencial es mediante módulos fotovoltaicos constituidos por celdas solares que transforman la energía solar en energía eléctrica de manera directa. En otra ocasión explicaremos lo que se hace actualmente para desarrollar las celdas solares (y módulos fotovoltaicos), campo en el cual se ha trabajado en el Departamento de Ingeniería Eléctrica del Cinvestav, desde su nacimiento como institución líder en nuestro país. En lo que sigue, sólo nos concentraremos en dar una visión del futuro de esta fuente renovable de energía.

Para satisfacer las necesidades de energía eléctrica de las sociedades modernas se requiere producirla en una forma que la mayoría de los usuarios pueda consumirla apropiadamente. Desde hace más de un siglo la energía eléctrica se produce en grandes plantas (térmicas o hidroeléctricas) en forma de corriente alterna (con baja frecuencia), ya que así es fácil elevar el voltaje para reducir pérdidas y transmitirla a grandes distancias desde la planta. En nuestro país se usa corriente alterna a 120 Voltios y 60 Hercios de frecuencia, y todos los aparatos (lavadoras, refrigeradores, radios, TV, lámparas, entre otros) típicamente están diseñados para recibir la energía eléctrica en forma de corriente alterna con estas características.

Por otro lado, los módulos fotovoltaicos formados por celdas solares interconectadas en serie sólo producen potencia eléctrica en forma de "corriente directa". Es decir, la corriente y el voltaje se mantienen en niveles más o menos constantes y no varían en el tiempo. Por lo tanto, es necesario convertir la corriente directa generada por los módulos fotovoltaicos a la corriente alterna consumida en nuestras casas. Esto se realiza mediante un dispositivo electrónico llamado "inversor" o "convertidor" de corriente directa a corriente alterna. Y, si tomamos en cuenta que la radiación solar fluctúa a lo largo de un día y que incluso no recibimos radiación durante la noche, es conveniente producir energía fotovoltaica durante el día y almacenarla, por ejemplo, en baterías, para utilizarla durante la noche, como se ilustra en la infografía.

En diversos países, como Alemania, hay gran cantidad de sistemas fotovoltaicos en los techos de las casas que inyectan excedentes de energía, durante el día, a las redes de corriente alterna (mediante las cuales las empresas generadoras de electricidad distribuyen la energía eléctrica), y ésta es retornada a los usuarios durante la noche, pudiendo así ahorrar el costo del sistema de almacenamiento (baterías).

Sin embargo, en la medida en que el número de sistemas conectados a las redes ha aumentado, se han empezado a observar algunos problemas que dilatarán su uso masivo en países con infraestructura deficiente, como ocurre en la mayor parte de las naciones emergentes, entre las que figura México. Algunos de estos problemas son que al convertir corriente directa a corriente alterna se producen ondas indeseables con el doble o triple de la frecuencia fundamental, lo cual causaría afectaciones en los aparatos que se conecten a la red. A estas se les llama frecuencias armónicas y aunque los inversores estén regulados para producir pequeñas cantidades de armónicos, al tener un gran número de este tipo de sistemas fotovoltaicos se causarán más alteraciones que las que se tienen con las redes obsoletas en la actualidad.

Lo anterior se ve empeorado por la intermitencia de la radiación solar y la aleatoriedad con la que los usuarios inyectarían potencia a la red, produciendo lo que se llama "transitorios", con lo que se corre el riesgo de causar grandes fluctuaciones de voltaje y corriente, dañinos para la red y los aparatos de los usuarios que estén conectados a la misma. En otras palabras, las propias redes tendrán que modernizarse y diseñarse a fin de operar con los sistemas fotovoltaicos, de forma que su uso se haga masivo en nuestras ciudades.

A pesar de estos problemas, el mercado mundial ha crecido en los últimos años, a ritmos de más de 40 por ciento anual (Figura 1).

En México también habrá (de hecho, ya lo hay) un incremento de los sistemas fotovoltaicos, a través de "grandes plantas" en el norte del país, donde se tienen altos niveles de insolación. Plantas de 50 a 100 MW de potencia producirán en promedio 300 a 600 MW-hora diarios, o sea, del orden de 100 a 200 GW-hora anuales.

Actualmente el costo de cada vatio producido por los módulos fotovoltaicos (con celdas de silicio) es del orden de medio dólar e instalado —en una planta— es del orden de un dólar cada vatio pico. La ciencia, la tecnología y el crecimiento del mercado mismo han permitido que este costo se reduzca desde cerca de cien dólares, en los años 70 del siglo pasado, a medio dólar por vatio en el presente.

Esto significa que en los siguientes 15 años observaremos una reducción del costo a niveles que permitirán el uso competitivo de esta fuente renovable de energía, y su uso podrá ser masivo en las ciudades, en el campo y en todas partes, permitiendo la diversificación de las fuentes de energía eléctrica en el futuro cercano.

Pero lo anterior no podrá ocurrir si no tenemos un desarrollo simultáneo de las redes y de la forma en que consumimos la energía eléctrica. Las redes tendrán que pasar de aquellas que distribuyan la energía eléctrica generada a grandes distancias del consumidor a redes locales que permitan la generación con sistemas fotovoltaicos y el consumo de la energía en sitios muy próximos. Por ejemplo, se podrían tener microrredes para distribuir energía eléctrica en una "cuadra" de usuarios en las ciudades.

Estas microrredes podrán hacerse automatizadas (e inteligentes) para responder adecuadamente a la aleatoriedad, tanto de la generación como del consumo. Después, en el largo plazo, se convertirán en microrredes operando totalmente en corriente directa, pues la conversión de la corriente directa,

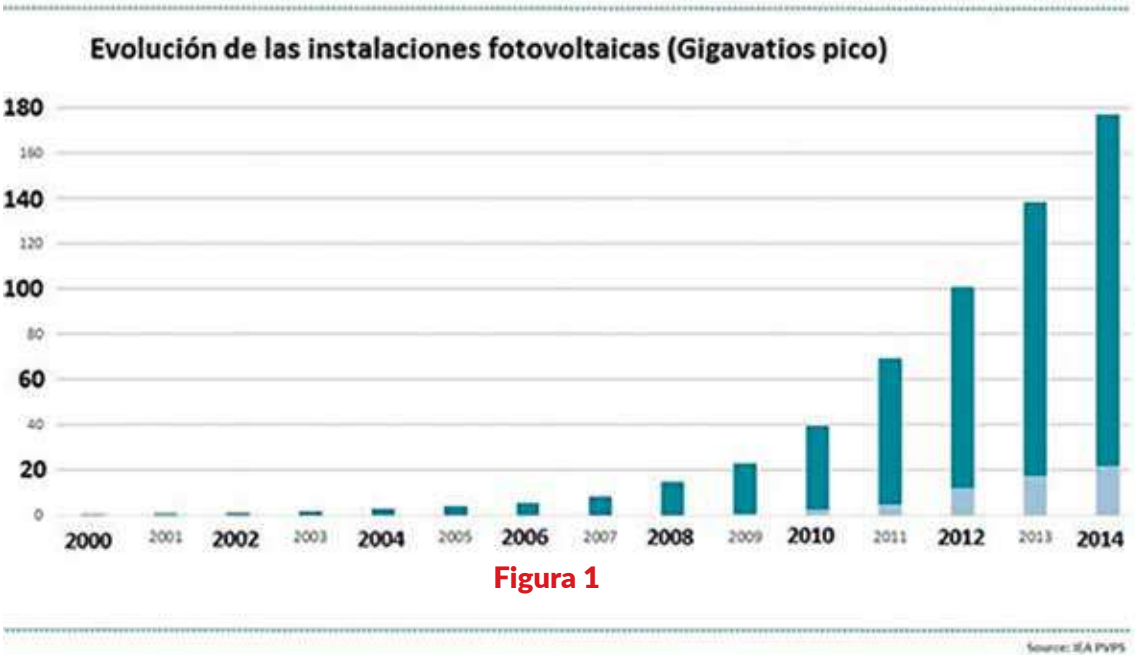


Figura 1

Instalación acumulada de sistemas fotovoltaicos a nivel mundial en años recientes (a partir de datos de la Agencia Internacional de Energía)

producida por los sistemas renovables de energía a corriente alterna, y luego la conversión de la corriente alterna a directa dentro de nuestros aparatos simplemente causan pérdidas e ineficiencia. Adicionalmente, tampoco se tendrían los problemas asociados a la generación de armónicos.

En consecuencia, a largo plazo, necesitamos el desarrollo de microrredes eléctricas locales e inteligentes que operen en corriente directa. Esto también requiere del estudio de medios alternos para almacenar energía eléctrica (nuevas baterías, supercapacitores, campos magnéticos producidos por superconductores, entre otros) que permitan tener energía de reserva. Las microrredes nos ayudarían a ser menos vulnerables a las fallas causadas por desastres naturales (sismos) o por el calentamiento global. Con ellas, en el futuro usaríamos la energía de manera más eficiente y ésta se produciría con base en celdas solares altamente eficientes, a un costo competitivo con otras fuentes de energía.

En resumen, nuestra visión del futuro de la producción de energía eléctrica con base en sistemas fotovoltaicos es como se describe a continuación: en el corto plazo habrá un crecimiento de las plantas de mediana a gran potencia instaladas en regiones de alta insolación del país, produciendo corriente alterna inyectada a la red nacional de electricidad. De manera adicional, una parte relativamente pequeña será en sistemas residenciales y para producir energía requerida en zonas rurales. En el mediano plazo, se tendrán redes regionales operando con corriente alterna y con módulos fotovoltaicos más eficientes que los actuales, satisfaciendo ya una fracción importante de la demanda de energía eléctrica.

Finalmente, en el largo plazo, tendremos microrredes inteligentes operando en corriente directa con sistemas fotovoltaicos altamente eficientes (más de 30 por ciento) y con bajos costos de generación de la energía requerida. Los usuarios conectados a estas microrredes podrán producir el total de la energía demandada por ellos mismos, teniendo más conciencia del ahorro y del uso eficiente de la energía; con una mayor cultura para la preservación del medio ambiente y hacía el desarrollo sustentable; con diversificación energética; con menos vulnerabilidad a los desastres naturales y climáticos, así como con un estilo de vida más saludable. Todo esto como consecuencia del desarrollo científico y tecnológico a nivel mundial que permitirá el uso apropiado de la energía solar que tenemos a nuestra disposición de forma casi permanente (al menos por miles de años). Sin lugar a dudas un futuro promisorio.

En México el Cinvestav fue pionero en el diseño y ensamblaje de módulos para celdas solares, que se instalaron en zonas rurales

Comentarios del lector

En una de las tesis de doctorado premiadas: REFINERÍA SIN PETRÓLEO mencionan que una vez escalada, la biorrefinería podría generar entre 25 y 50 kilowatts/hora de hidrógeno. La duda que tengo es sobre los Kw/hora. ¿Están hablando sobre energía o sobre potencia?

Si están mencionando que una biorrefinería industrial genera entre 25 y 50 Kw-hr de H y entre 600 y 700 Kw-hr de metano, les menciono que esa energía la genera un aerogenerador grande en 8 minutos o uno pequeño de 50 Kw de potencia en 15 horas, o en menos de un día en una región como la Ventosa en Oaxaca o en menos de dos días en la Península de Yucatán.

Es decir, la energía que genera una biorrefinería "a nivel masivo" y nada es casi lo mismo, desde un punto de vista industrial.

Dr. Ruperto Osorio Saucedo

CONTESTACIÓN

Agradezco su interés por la nota publicada en *Avance y Perspectiva* titulada "Refinería sin Petróleo". El texto debería leer "A escala industrial, por cada tonelada de fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU) la biorrefinería podría generar entre 25 y 50 kw-hora de hidrógeno, entre 600 y 700 kw-hora de metano y hasta 50 kilogramos de preparado enzimático". Con esta base, no coincidimos con usted respecto a que la recuperación energética sea poca. Incluso utilizando datos conservadores y no optimizados basados en algunos de los resultados consultables en la tesis de doctorado (3 kw-h y 187.5 kw-h para la conversión eléctrica del hidrógeno y metano, respectivamente, por tonelada de FORSU), se podrían generar cerca de 42,000 GJ/d con la FORSU de los 107 millones de habitantes del país. Además un sistema de biorrefinería como el descrito en la tesis doctoral no sólo se centra en la producción de energéticos, sino en la generación de bioproductos, con lo que se añade valor agregado a lo que de otra forma serían residuos contaminantes. Este 'plus' no lo incluyen muchas tecnologías de energías renovables.

La tecnología de turbinas eólicas es de las mejores opciones de energías renovables actualmente, pero también presenta desventajas como son su producción localizada y variabilidad del viento durante el día y las estaciones. En contraste la biomasa proveniente de los residuos municipales se genera diaria y continuamente, en mayor medida donde más se consume energía, es decir, las ciudades; pero también podría abastecer comunidades rurales si su FORSU se combinara con otro tipo de biomasa, como excrementos de animales y residuos agrícolas.

En mi opinión ninguna energía renovable puede por sí sola suplir la demanda energética de México —abastecida principalmente a partir de combustibles fósiles—, pero sí una combinación de éstas, aprovechando las particularidades de cada región de nuestro vasto país, que incluye costas, desiertos, bosques y selvas, comunidades agrícolas y ganaderas, ciudades pequeñas, medianas y grandes.

Reciba muy cordiales saludos.
Carlos Escamilla Alvarado, ScDr.
Universidad Autónoma de Nuevo León

¿Tienes opiniones o sugerencias sobre *Avance y Perspectiva*? Escríbenos a revista@cinvestav.mx Los comentarios enviados no deberán exceder de mil caracteres con espacios.

¿Deseas colaborar en nuestra revista? Consulta los lineamientos en http://bit.ly/217lSba

Fotografía: www.thenextrembrandt.com

EL SIGUIENTE REMBRANDT

Víctor Juárez Lomán
Departamento de Difusión
vjuarez@cinvestav.mx

La ciencia y el arte están intrínsecamente unidos. Suelen ser una sólida amalgama con diversos resultados y uno de los ejemplos es el proyecto *The Next Rembrandt*, una clara muestra de lo que los avances científicos y tecnológicos pueden hacer por la plástica. La aseguradora ING, Microsoft, la Universidad Técnica de Delft y los museos Mauritshuis en la Haya y Rembrandthuis en Ámsterdam colaboraron para desarrollar una inteligencia artificial que tiene la posibilidad de analizar y replicar la obra del afamado pintor holandés del siglo XVII.

Se dice fácil, pero primero tuvieron que reunir las 346 pinturas de Rembrandt y estudiar más de 168 mil fragmentos de ellas; después las analizaron por medio de un software de aprendizaje y delimitaron cuál sería el tipo de pintura que el artista hubiera hecho. Se determinó que sería un retrato de un hombre con un fenotipo específico (hombre caucásico mirando fijamente hacia el frente, de entre 30 y 40 años, vello facial y vestimenta propia de aquellos tiempos), todo esto definido con la ayuda de un algoritmo de reconocimiento facial que analizó la distancia entre los ojos, con la nariz, la boca, mentones y pómulos, entre muchos otros rasgos que inventaron, con la mayor exactitud posible, a alguien de la época.

Después se buscó una apariencia real en la impresión del cuadro. Esto se consiguió con más de 149 millones de píxeles de resolución y múltiples capas que imitaron una pintura al óleo de hace más de 350 años. Para ello, se tuvo que hacer un estudio tridimensional de todas sus obras y estimar la altura en milímetros de cada brochazo. Finalmente, una tinta especial para impresión 3D hizo lo demás.

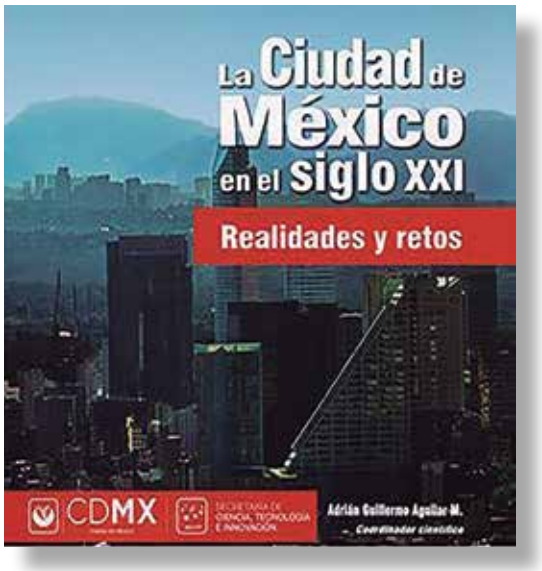
Las críticas han sido duras por parte del gremio artístico y, aunque es evidente que como han indicado varios de ellos, "sólo Rembrandt podría crear un *rembrandt*" quizá no se tenga una visión completa pues, finalmente, todo esto es un ejemplo exitoso de la inteligencia artificial y el aprendizaje de máquinas (*Machine learning*), aunque el alcance es mayor y abarca conceptos como la *big data* y su utilización para sacar provecho en más de una forma (esperemos que no con intereses falsificadores). Por ello, Ron Augustus, directivo de Microsoft, dijo que emplearon la tecnología y los datos de la misma manera que Rembrandt usó sus pinturas y pinceles para crear algo nuevo.

Por su parte, Peter Schjeldahl, un crítico en *The New Yorker*, mencionó que "el nuevo Rembrandt" falla tras "una segunda mirada y choca tras una tercera", además dice que el personaje "carece completamente de la personalidad que nunca eludió Rembrandt. Es un actor, actuando".

Las máquinas poco a poco van ganando terreno en nuestro mundo y hay quienes son, incluso, catastróficos al respecto. La literatura y el cine están plagados de ejemplos. Sin embargo, de lo que no se les considera capaces es de poder crear, de sentir, pero cada vez son menos cosas las que las máquinas no pueden sustituir ¿será la pasión del ser humano una de ellas?

RADIOGRAFÍA DE LA GRAN CIUDAD

Berenice Cepeda Zetter
Doctorante del Posgrado en Desarrollo Científico y Tecnológico para la Sociedad (DCTS)
bcepeda@cinvestav.mx



El Centro Cultural Isidro Fabela fue sede de la presentación de una obra bibliográfica de gran envergadura: *La Ciudad de México en el siglo XXI. Realidades y retos.* Un libro de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México bajo el sello de la editorial Miguel Ángel Porrúa, cuyo coordinador científico es Adrián Guillermo Aguilar Martínez.

El libro es un claro ejemplo del ejercicio multidisciplinario e interinstitucional, ya que contó con la colaboración de 92 autores de 14 instituciones, además de la participación de los gobiernos de la Ciudad de México y del Estado de México e investigadores independientes. Una labor titánica que Aguilar Martínez plasmó en un total de 778 páginas.

El contenido se encuentra dividido en 16 secciones que tratan temas tan diversos como la estructura urbana, los riesgos y deterioro ambiental, así como la cultura en la Ciudad de México.

Desde el análisis geográfico del terreno que ocupa la CDMX, así como sus implicaciones en cuanto al abasto y la calidad de agua para una población que ha tenido un crecimiento exacerbado, hasta la susceptibilidad ante sismos e inundaciones; las primeras secciones dan cuenta del reto de vivir en este espacio físico y cuál es nuestro papel para prevenir o subsanar el deterioro ambiental que se ha hecho patente a lo largo del tiempo.

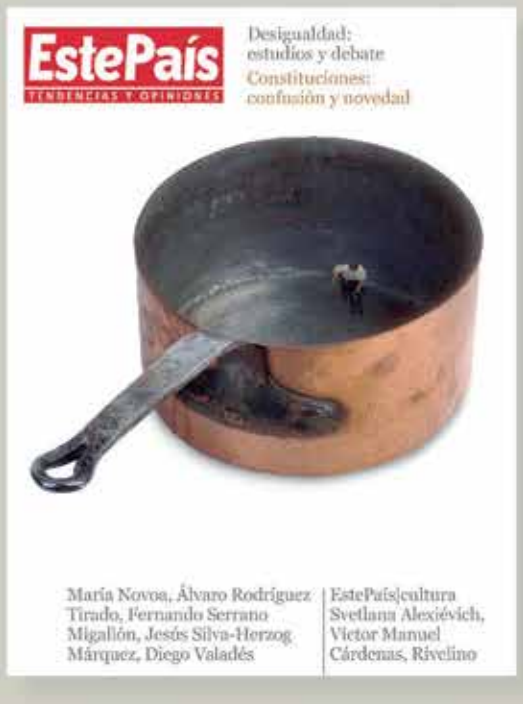
El apartado sobre la infraestructura y el transporte urbano, así como las que versan en torno a la vivienda y tipos de poblamiento de la ciudad y su zona metropolitana, muestran el panorama de una urbe que ha crecido sin una organización muy estructurada. Espacio en el que se unen el patrimonio histórico de sus edificios y calles centrales, la infraestructura de convivencia, esparcimiento o deporte, las viviendas de interés social cada vez más alejadas y la modernidad de las zonas comerciales o empresariales.

No se puede dejar a un lado el análisis económico de ésta, una de las grandes urbes mundiales. La forma en que el empleo, la economía informal, los sectores que desarrollan sus actividades en la metropoli y cómo todos los procesos económicos influyen en el bienestar y rezago social de los 8.8 millones de habitantes de la megalópolis.

Se analiza el Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación que se da a través de las instituciones de educación superior públicas y particulares, el aparato científico mexicano y su producción, así como los empresarios creativos de la ciudad.

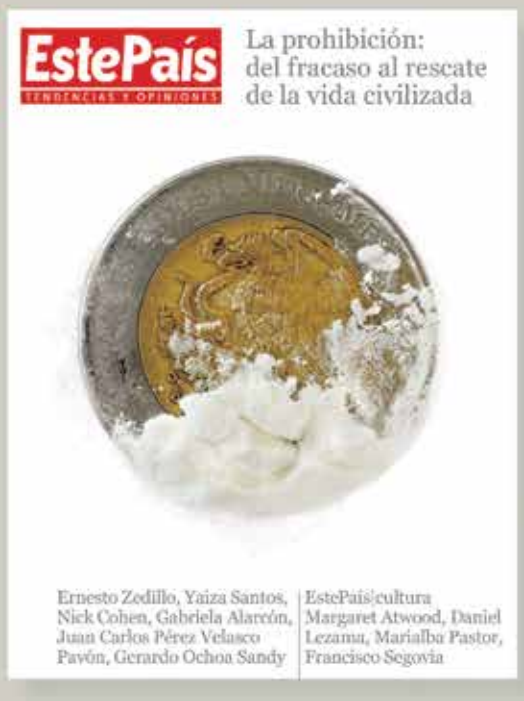
El Cinvestav participó en la creación de esta obra, analizando la producción científica de la Ciudad de México con datos y gráficas que dan cuenta de la importancia de la entidad para la ciencia nacional, además de mostrar el panorama de descentralización de la producción científica hacia otros estados de la República desde el año 1900.

Finalmente, nos lleva a plantearnos si vivimos en una megalópolis o una ciudad-región de acuerdo con todos los aspectos estudiados en las secciones anteriores. Además permite visualizar cómo podría ser el futuro si continuamos por el camino que estamos siguiendo.



Facebook/RevistaEstePais
Pinterest.com/revistaestepais
Twitter @revistaestepais
Youtube.com/estepaisrevista

Medimos la realidad,
Mejoramos la conversación



Búsquenos cada mes en locales cerrados y puestos de periódico

O suscríbase ahora: doce números por el precio de diez

Solo $ 500

5658-2326 y 5659-8360

Visite nuestro sitio web desde cualquier dispositivo

www.estepais.com

COLOQUIO CINVESTAV

PRIMER MIÉRCOLES DE CADA MES

AUDITORIO ARTURO ROSENBLUETH

11:30 A.M.

55 Años

1961 • 2016