Incluida en el Índice de Revistas Mexicanas de Divulgación Científica y Tecnológica del CONACYT

A y P
Avance y Perspectiva

FÁRMACOS
DEL USO AL ABUSO

ABACUS
SUPERCÓMPUTO EN MÉXICO

EDUCACIÓN
EN LA ERA DIGITAL

Cinvestav Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN

Vol. 2 No. 4
Junio-Agosto 2017
ISSN 0185-1411
México

YIWARRA KUJU

GALERÍA ABIERTA

REJAS DEL CINVESTAV

Av. Instituto Politécnico Nacional 2508, Col. San Pedro Zacatenco, 07360, CDMX.

CDMX
CIUDAD DE MÉXICO

CIRCUITO DE GALERÍAS ABIERTAS · SECRETARÍA DE CULTURA · GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

CapitalSocial Por Ti

CONTENIDO

MARTE SIN GASES / OTRAS CÉLULAS INTESTINALES 04

DIETA NEANDERTAL/ DESCRIBEN ADN BACTERIANO 05

TUBERCULOSIS: RÁPIDA DETECCIÓN/ MÁS EDAD, MENOS SUEÑO 06

HONGOS VS CHINCHES 07

ABACUS ESTRELLA DEL SUPERCÓMPUTO 08

HÉROES DEL CÁLCULO 12

ANALGÉSICOS: ENTRE EL BIEN Y EL MAL 16

ANTIBIÓTICOS ¿EN DECADENCIA? 20

ESTUDIANTES VAN CON LOS NOBEL 24

MANUEL ORTEGA IMPULSOR DE LA DESCENTRALIZACIÓN 26

REVOLUCIÓN EN EL AULA 28

APRENDER MATEMÁTICAS EN LA ERA DIGITAL 32

INÉS DUSSEL: "TECNOLOGÍA CON SENTIDO EDUCATIVO" 35

AUMENTAN 'LA REALIDAD' 38

GOBIERNO MODELO 42

ARRECIFES AMENAZADOS 44

CAZADORES MEXICANOS DE PARTÍCULAS 46

INESPERADO DESCUBRIMIENTO 48

FAMA A LA ESPERA 51

EL CORAZÓN ES UN RESORTE 55

DELICIA TECNOLÓGICA 56

DIRECTORIO CINVESTAV

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

Luisa Miranda Barbotó
Redacción y corrección de estilo

Víctor Juárez Lomán
Apoyo redacción

Wendolin Collazo Rodríguez
Héctor de la Peña Durán
Reporteros

Elizabeth Licona González
Infografía y portada

Víctor Durán Mejía
Diseño editorial

Efrén Díaz Millán
Fotografía

Itzel Citlali García Rangel
Amando Pérez Guadalupe
Colaboradores

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 YouTube AvanceyPerspectiva

Avance y Perspectiva, Vol. 2, No. 4, junio-agosto 2017, 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: en trámite, 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 junio de 2017. Los contenidos de los artículos y reseñas publicados son responsabilidad exclusiva de los autores y no representan necesariamente la opinión de los editores, ni de la institución.

Prohibida la reproducción parcial o total del contenido, por cualquier medio, sin la autorización expresa de los autores.

EDITORIAL

GERARDO HERRERA CORRAL
gherrera@fis.cinvestav.mx

El doloroso fallecimiento del Dr. Manuel V. Ortega Ortega, ex Director del Cinvestav y creador de la revista *Avance y Perspectiva* deja un vacío enorme en todos los ámbitos de la vida institucional. Don Manuel tuvo un impacto gigantesco en el desarrollo de la ciencia, la tecnología, la educación y la cultura de nuestro país.

De manera muy particular queremos, desde aquí, recordar que fue él quien en 1980 decidió crear una revista de difusión que estableciera un puente entre lo que hacemos en el Cinvestav y la sociedad mexicana. Con sus más de 37 años de existencia, la revista *AyP* se pone de luto por la triste partida de su creador.

La revista *Avance y Perspectiva* tiene el agrado de anunciar que desde el pasado 7 de marzo pertenece al Índice de Revistas Mexicanas de Divulgación Científica y Tecnológica del Conacyt. La inclusión del medio escrito que nos identifica con nuestra institución en este selecto grupo, es el resultado de un proceso laborioso que tomó tiempo, pero que con el esfuerzo de un sólido equipo de trabajo aunado a la exigencia de nuestro Consejo Editorial, se ha logrado en un tiempo récord, pues aún no cumplimos nuestro segundo aniversario desde que volviera a circular en versión impresa.

Con este preámbulo, les compartimos que en este número tenemos tres temas fundamentales: uno de ellos es acerca de la educación y sus nuevas tecnologías, ¿sirven, o son contraproducentes? También tocamos un tema muy importante en cuestiones de salud, que corresponde al uso y abuso de los fármacos y las consecuencias que puede generar este exceso y, finalmente, hablaremos de Abacus, y el edificio diseñado por el escultor Sebastián que sirve para albergar uno de los clústers de supercómputo más grandes de Latinoamérica. Tenemos además, como en cada publicación, la sección de noticias y de entrevista, así como la sección cultural, consiguiendo de ese modo un número muy completo.

No podemos dejar fuera el reciente descubrimiento de la formación de un plasma de quarks y gluones en el choque de protones contra protones por la colaboración ALICE del LHC. Esta sopa primordial que se encontraba en el Universo temprano justo después de ocurrir el *Big Bang* ha sido observado por primera vez en la colisión simple de protones.

Dedicamos este número al creador de nuestra revista, Don Manuel Ortega. Aquí preservamos un poco de la esencia institucional que nos dejó durante los muchos años en que, desde las diferentes esferas de su trabajo, apuntaló a nuestra institución como un centro de investigación de excelencia.

Imagen: NASA

MARTE SIN GASES

Diversas mediciones realizadas en la delgada atmósfera de Marte, muestran que la mayor parte de ésta se ha perdido debido al bombardeo de partículas de viento solar, lo cual ha producido cambios en el clima del planeta.

De acuerdo con un estudio publicado en la revista *Science*, estos resultados obtenidos a través de la misión a Marte, MAVEN (Evolución Atmosférica y Volátil de Marte), aportan una perspectiva más exacta acerca de la historia del planeta rojo, por lo que además arrojan luz sobre su evolución geológica y posible habitabilidad.

La composición de la atmósfera de un planeta contribuye en gran medida al clima que éste tiene. Para comprender mejor cómo ha cambiado la de Marte a través del tiempo, Bruce Jakosky y sus colegas de la NASA midieron a diferentes alturas en la atmósfera la cantidad de isótopos de argón. Basándose en las mediciones tomadas por MAVEN, los autores afirman que, desde que se formó este planeta, 66 por ciento del argón de su atmósfera ha desaparecido.

Los investigadores sugieren que la atmósfera de Marte probablemente haya sido igual de gruesa que la de la Tierra, pero compuesta principalmente de dióxido de carbono; la mayor parte de dicho elemento se ha perdido, lo cual ha provocado enormes cambios en el clima del planeta rojo desde su formación.

OTRAS CÉLULAS INTESTINALES

El intestino tiene un alto índice de regeneración celular por el desgaste que sufre en el ejercicio de las funciones de degradación y absorción de nutrientes y evacuación de los restos innecesarios, por lo que toda la población celular se renueva una vez por semana. Es por ello que en el órgano hay un gran volumen de células madre en división constante que dan lugar a diversos tipos celulares que lo componen.

Un equipo científico encabezado por Eduard Batlle, del Instituto de Investigación Biomédica de Barcelona, encontró un nuevo grupo de células madre en el intestino, con características muy diferentes a las abundantes y activas células madre ya conocidas en este órgano, es decir, no proliferan y se encuentran en un estado de aparente hibernación.

En un artículo de la revista *Cell Stem Cell*, los científicos calculan en condiciones de salud, que estas células no tienen, aparentemente, ninguna función relevante. Sin embargo, son importantes en situaciones de estrés, producidas por ejemplo, tras un tratamiento de quimioterapia, en procesos de inflamación o de infecciones del tejido, donde la población de células madre "normales" se haya reducido excesivamente. Su función sería asegurar la regeneración del órgano dando lugar a diversos tipos celulares, reestablecer la población de células madre "normales" perdidas y devolver el equilibrio al tejido.

Imagen: IRB Barcelona

DIETA NEANDERTAL

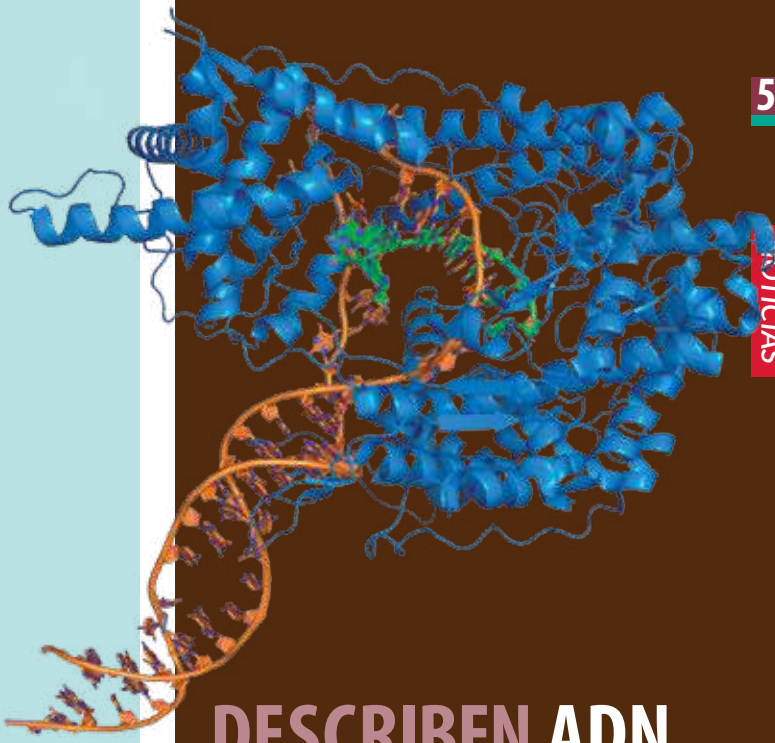
El estudio de los restos fósiles neandertales encontrados en yacimientos de toda Europa continúa aportando datos sobre su estilo de vida. En un reciente trabajo, publicado en la revista *Nature*, se revela información sobre la dieta de dos neandertales del yacimiento asturiano de El Sidrón, en España, y en los que se muestra que esa población basaba su alimentación en setas, piñones y musgo, pero no se han encontrado pruebas de que comieran carne.

Este hecho contrasta con los resultados obtenidos en el individuo Spy II de Bélgica, donde en el sarro de sus dientes se encontró ADN de rinocerontes y muflones, además de que junto a sus restos se han localizado fósiles de grandes herbívoros.

"Nos sorprendió no encontrar restos de carne en los neandertales asturianos, ya que se les considera predominantemente carnívoros. Sin embargo, hallamos pruebas de que tenían una dieta variada que incluía gran variedad de plantas. Además, alguna de esas podrían haber sido cocinadas para su consumo", señala el investigador Antonio Rosas, del Museo Nacional de Ciencias Naturales de España.

El equipo científico también descubrió que los neandertales de esta región ibérica se medicaban. "El sarro conservado en sus dientes contenía secuencias del patógeno *Enterocytozoon bieneusi* que, en humanos, causa problemas gastrointestinales, incluidas fuertes diarreas y dolor", detalla Rosas, quien aseguró que por esa razón en el sarro de los dientes de los individuos estudiados se ha encontrado restos de ADN de hongo *Penicillium*, un antibiótico natural, y álamo, un árbol cuya corteza, raíces y hojas contienen ácido salicílico, el ingrediente activo de un conocido medicamento.

Imagen: CSIC



DESCRIBEN ADN BACTERIANO

El ácido desoxirribonucleico (ADN) contiene las instrucciones de la vida, que están codificadas en los genes. Dentro de todas las células, el ADN se organiza en unas estructuras conocidas como cromosomas. En las células animales y vegetales las terminaciones de los cromosomas se desdoblan, como las hebras de una cuerda, pero en las bacterias son circulares. En ambos casos los cromosomas deben organizarse y empaquetarse dentro de la célula, de manera que los genes puedan activarse o desactivarse cuando sea necesario.

En los últimos años, científicos de todo el mundo han investigado la organización de los cromosomas dentro de las células de especies que van desde grandes bacterias hasta humanos.

Un grupo científico internacional, encabezado por Luis Serrano, investigador del Centro de Regulación Genómica de España, centró su atención en la organización del ADN en un organismo con un genoma extremadamente reducido: el patógeno de la neumonía, *Mycoplasma pneumoniae*. Su cromosoma circular es cinco veces más pequeño que el de bacterias más grandes, como por ejemplo el de la *Escherichia coli*.

Los investigadores descubrieron que a pesar de que el diminuto cromosoma de *Mycoplasma* se organiza en diferentes dominios estructurales, cada uno contiene genes que también se activan y desactivan de manera coordinada, lo cual sugiere que este nivel de organización y control genético es común a todos los organismos vivos, desde el más grande al más pequeño, de acuerdo con el artículo publicado en la revista *Nature Communication*.

TUBERCULOSIS: RÁPIDA DETECCIÓN

La tuberculosis tiene una historia larga y mortal, con estimaciones que indican que puede haber provocado la muerte a más personas que cualquier otra enfermedad bacteriana. Los estudios han descubierto que su impacto sobre los seres humanos se remonta al año 8,000 a.C., y las estimaciones sugieren que causó el deceso de mil millones de personas sólo en los últimos dos siglos.

Imagen: Universidad Estatal de Arizona

Un equipo de investigadores dirigidos por el científico Tony Hu, del Instituto de Biodiseño de la Universidad Estatal de Arizona en Tempe, Estados Unidos, creó una prueba para identificar rápidamente las infecciones de tuberculosis en todo el mundo. Ésta detecta con exactitud los niveles mínimos en sangre de dos proteínas –CFP-10 y ESAT-6– que las bacterias de la tuberculosis liberan durante las infecciones activas.

"Estamos entusiasmados con la capacidad de nuestro ensayo de alto rendimiento para proporcionar resultados cuantitativos rápidos que pueden utilizarse para controlar los efectos del tratamiento, lo que dará a los médicos la oportunidad de tratar mejor las infecciones de tuberculosis. Además, nuestra tecnología puede utilizarse con los instrumentos clínicos estándar que se encuentran en hospitales de todo el mundo", explicó Tony Hu, líder de este proyecto, el cual fue publicado recientemente en la revista *PNAS*.

Fotografía: Fragmento «El sueño de Jacob», José de Ribera

MÁS EDAD, MENOS SUEÑO

A medida que la gente envejece, duermen menos y se despiertan con más frecuencia. A pesar de los miles de chistes acerca de este tema, estos cambios en los hábitos de sueño tienen un lado oscuro. Un artículo publicado en la revista *Neuron*, encontró que los adultos mayores pueden estar perdiendo su capacidad de producir un sueño profundo y reparador. Además, es probable que paguen por el sueño perdido mental y físicamente.

Para Matthew Walker, investigador de la Universidad de California en Berkeley y coautor del estudio, el sueño no sólo cambia con el envejecimiento, sino que puede explicarlo. "Cada una de las principales enfermedades que nos están matando, desde la diabetes hasta la obesidad, la enfermedad de Alzheimer y el cáncer, tienen ahora una fuerte relación causal con esta falta de descanso".

Al envejecer, el cerebro, las neuronas y los circuitos en las áreas que regulan el sueño se degradan lentamente, resultando en una menor cantidad de sueño profundo que es clave en el mantenimiento de la memoria y la cognición. "Los ancianos, por lo tanto, sufren de una necesidad de sueño no satisfecho", comentó Walker.

Para Bryce Mander, coautor del artículo, el envejecimiento conduce a la disminución en casi todas las medidas que los científicos aplican al sueño. "Se vuelve más fragmentado y se reduce drásticamente el tiempo que pasa en cada etapa, en particular el profundo no REM. Incluso pasar de una etapa a otra se vuelve menos predecible y más desorganizado".

Fotografía: Universidad Estatal de Pensilvania

HONGOS VS CHINCHES

Después de la Segunda Guerra Mundial casi se había erradicado la "chinche de la cama" empleando DDT y otros insecticidas, pero la plaga reapareció con mayor resistencia en el mundo, y durante los últimos años se ha convertido en un problema de salud pública. Para enfrentarla investigadores de la Universidad de Carolina del Norte y Universidad Estatal de Pensilvania desarrollaron un bioinsecticida fúnico con base en un hongo llamado *Beauveria bassiana*, que causa una enfermedad mortal a estos insectos. Las chinches adquieren esporas del hongo y las propagan en toda su población sin importar su escondite, por lo que en una semana mueren 95 por ciento de ellas.

ABACUS

ESTRELLA DEL SUPERCÓMPUTO

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

A 2 mil 500 metros de altura, en medio del bosque donde sobresalen oyameles, cedros y encinos, en el Parque Nacional Insurgente Miguel Hidalgo, mejor conocido como La Marquesa, se erige un emblemático edificio diseñado a partir de una obra del artista plástico Sebastián, titulada *Cuántica: simetría 5*, inspirada en un concepto matemático que conjuga esencia geométrica, superficies curvadas, simetría, arte y belleza.

El edificio de siete pisos revestido de metal, que por su color plata destaca entre la flora del lugar, es la sede del nuevo Laboratorio de Matemática Aplicada y Cómputo de Alto Rendimiento del Cinvestav. En su interior alberga a la única computadora del país que ha aparecido en los últimos cuatro años en la lista top 500 de las Supercomputadoras más importantes del mundo, denominada Abacus I, nombre que hace referencia al ábaco, que es considerada la herramienta de cálculo más antigua de la humanidad.

Ubicado en el municipio de Ocoyoacac, este Laboratorio de casi 6 mil metros cuadrados es la primera fase para la conformación de la nueva unidad del Cinvestav en el Estado de México, que pretende consolidar a la institución como un referente nacional e internacional en el área.

Su objetivo es proporcionar a la academia, sector público e industria, recursos computacionales de alto rendimiento con apoyo de expertos para acelerar el conocimiento científico, la innovación tecnológica, así como la formación de recursos humanos en matemáticas y cómputo. Su misión es incidir en la solución de problemas de alto impacto científico, tecnológico, económico, educativo y social en el país.

Algunas de sus aplicaciones son: seguridad mediante el análisis masivo de datos; obtención de patrones para generar, validar y descifrar diversos métodos; modelación de algunos órganos y sistemas del cuerpo humano como el cerebro; secuenciación y análisis del doblamiento de proteínas; simulación de fenómenos del medio ambiente para el análisis de riesgos a la población, y simulaciones de procesos subatómicos y de fenómenos astrofísicos.

El Laboratorio ofrece una plataforma informática avanzada de cálculo numérico de vanguardia para desarrollar proyectos de investigación científica con alto nivel de especialización, que requiera gran capacidad de procesamiento, velocidad, almacenamiento masivo de datos, alta confiabilidad en la ejecución de aplicaciones y seguridad. El cómputo de alto rendimiento es la tecnología informática más avanzada de cálculo numérico, es una herramienta que permite llevar a cabo con certeza y velocidad, billones de operaciones matemáticas para estudiar problemas científicos complejos de gran magnitud.

La infraestructura de Abacus I ofrece la posibilidad de realizar investigación científica empleando el modelo de cómputo en paralelo, que significa poder usar un programa específico en cientos o miles de sus procesadores simultáneamente, así el trabajo que una computadora normal podría hacer en 150 años sin apagarla, haciendo esa única tarea, se puede reducir a semanas o días.

El Laboratorio regularmente trabaja con software libre que al ser usado por expertos, permite elaborar aplicaciones o desarrollos mejores al comercial y ajustarlos al requerimiento de los proyectos. También permite software comercial, para usuarios que requieran programas especializados en ciertas aplicaciones.

Abacus I tiene 8 mil 904 núcleos de procesamiento tradicional y 100 aceleradores GPU's, que contienen otros 350 mil núcleos, dando una capacidad de cómputo que sumada excede los 400 Teraflops, equivalentes a 400 millones de millones de operaciones aritméticas por segundo, es como tener 25 mil computadoras portátiles juntas. Su capacidad de almacenamiento es de 1.3 Petabytes, por lo que si se imprimiera toda la información ahí contenida, las hojas formarían un "edificio" con una altura de más de 22 metros, dicho llanamente, su capacidad de almacenamiento es seis mil veces todos los documentos que se encuentran en la Biblioteca José Vasconcelos. Para lidiar con esta cantidad de información, transmite los datos entre sus procesadores a una velocidad de 40 Gigabits por segundo, es decir, transfiere el equivalente de 13 DVD, en un parpadeo.

La comunicación con el exterior la realiza a través de la Red Nacional de Impulso a la Banda Ancha (NIBA) a una velocidad de 10 Gigabits por segundo; esto haría posible transmitir toda la colección de la Biblioteca Vasconcelos (compuesta por unos 220 mil volúmenes) en poco menos de tres minutos.

El Laboratorio planea integrarse a la Delta Metropolitana –donde participan Cinvestav, UNAM y UAM,

que mediante su interconexión por fibra óptica extendida a través de las líneas del Metro, integran el Laboratorio Nacional de Cómputo de Alto Rendimiento (LANCAD)– y a proyectos como México Conectado, con la finalidad de que se puedan compartir recursos y lograr mayor conectividad entre los diferentes centros de supercómputo del país.

Abacus I estudia problemas complejos como el análisis de procesos biológicos, físicos o cognitivos mediante la modelación, simulación y optimización matemática, con el propósito de generar conocimiento, plantear nuevas teorías, diseñar métodos innovadores y crear algoritmos vinculados al análisis masivo de datos. También trabaja en aplicaciones que impactan la vida cotidiana o el quehacer en la industria, de hecho está en condiciones de hacer tratamiento masivo de datos para la sociedad y el sector productivo.

Isidoro Gitler, líder del Laboratorio de Matemática Aplicada y Cómputo de Alto Rendimiento

"La idea es abordar problemas de alto impacto científico y social con recursos humanos altamente especializados, apoyados con una infraestructura tecnológica de punta capaz de realizar todos los procesos algorítmicos y cálculos numéricos involucrados en estudios científicos y su implementación tecnológica; Abacus I pone a México a la vanguardia y sirve como diferencial tecnológico que induce los procesos de innovación", explica Isidoro Gitler, investigador del Departamento de Matemáticas del Cinvestav y líder del Laboratorio.

La forma de acceder a la plataforma computacional del Laboratorio se realiza mediante la postulación del proyecto de investigación en convocatorias nacionales semestrales, a la fecha ha atendido más de 70 proyectos, algunos de ellos de alto impacto que requieren de un gran poder de cómputo y que trabajan en áreas como astrofísica, genómica, evaluación de seguridad nuclear, redes neuronales, comunidades microbianas, dinámica de fluidos y sus aplicaciones en ciencia e ingeniería, diversidad biomolecular, farmacología, polímeros y fenómenos financieros. Además, se ha promovido la participación de México en proyectos globales, en proyectos relacionados con eventos climatológicos extremos.

Actualmente se atiende y proporciona servicio a investigadores que se encuentran trabajando a distancia en sus proyectos a lo largo del país. Tiene una conexión internacional fuerte con el Centro de Supercómputo de Barcelona y trabaja en la consolidación de convenios con otros centros para ampliar su colaboración internacional. Entre las instituciones que han podido usar la infraestructura de Abacus I se encuentran cerca de 15 universidades públicas, privadas y extranjeras, así como institutos nacionales como el de Investigaciones Nucleares y el de Neurología y Neurocirugía.

Entre las investigaciones que han empleado la infraestructura del Laboratorio y concluyeron con excelentes resultados está la de los científicos del Departamento de Computación del Cinvestav, encabezados por Francisco Rodríguez Henríquez, que lograron romper un récord criptográfico del problema de logaritmo discreto gracias a la capacidad de procesamiento y velocidad de Abacus I.

Este proyecto surgió a iniciativa de un grupo de investigadores del Departamento de Matemáticas del Cinvestav, encabezados por Isidoro Gitler, que en 2011 participó en una convocatoria de fondos mixtos Conacyt-Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología para crear un sitio especializado en matemática aplicada mediante el uso de supercómputo.

La inversión a la fecha asciende a cerca de 200 millones de pesos provenientes de dicho fondo

y aportaciones del Cinvestav junto con otras instituciones que han firmado convenios de colaboración; al momento cuenta con personal para la operación y mantenimiento del equipo, pero se planea que al consolidarse como nueva unidad del Centro tenga una estructura más completa.

Acompañado por el murmullo del viento que corre melodioso entre las ramas de los árboles y los aromas de la hierba fresca, el nuevo Laboratorio de Matemática Aplicada y Cómputo de Alto Rendimiento permite al país contar con una plataforma que ofrece una ventaja estratégica para el desarrollo de la ciencia y la tecnología, coadyuvando a su autonomía en este tema y la apropiación del conocimiento para una aplicación exitosa de los procesos de innovación.

Aplicaciones contra desastres

Con proyectos como el de "Sistemas de Alerta Temprana de Inundaciones Costeras y Dispersión de Cenizas Volcánicas" Abacus I, ININ, IPN, UAEM, Cenapred, Seneam y BSC-España suman esfuerzos para conjuntar datos, conocimientos y recursos que prevengan riesgos derivados de fenómenos naturales.

Los huracanes y la ceniza volcánica tienen el potencial de causar pérdidas humanas, destrucción a la infraestructura como carreteras, hospitales, casas e interrumpir los servicios aeroportuarios y generar daños económicos incuantificables, por ello es importante emprender estudios de modelos costeros, aplicando algoritmos para generar patrones de los efectos de mareas, vientos, oleaje, cambios de presión atmosférica sobre cuerpos de agua y cálculos de la marea de tormenta.

Con el empleo del supercómputo es posible modelar numéricamente ciclones tropicales, mediante el uso de dinámica de fluido computacional y la implementación del código numérico cien por ciento paralelizado. La modelación permite visualizar las poblaciones y sus vías de comunicación afectadas por inundación, vientos, corrientes o precipitación, que ponen en peligro la ayuda humanitaria y evacuación; considerar todos los parámetros de interés en mapas de riesgo por inundación costera permite planear y actuar con anticipación operaciones de salvamento.

Con respecto a las partículas de ceniza volcánica, éstas pueden ser transportadas por corrientes piroclásticas de densidad, depositadas por caída o dispersarse en la atmósfera en forma de nubes, que se mueven bajo el efecto combinado de la gravedad, advección por viento y turbulencia atmosférica; su acumulación causa colapso de techos, daño a líneas eléctricas e interrupción de vías de comunicación. También pueden causar la suspensión de operaciones aeroportuarias, efectos nocivos en aviones como pérdida de potencia, malfuncionamiento de motores y daños graves en turbinas, parabrisas o fuselaje; unos pocos milímetros de ceniza son suficientes para causar el cierre de aeropuertos. Además, la ceniza en el aire afecta la salud por su inhalación.

En fase pre-eruptiva los mapas probabilísticos de riesgo son extremadamente útiles porque proporciona evaluaciones preliminares con mucho tiempo de antelación, cuando las predicciones determinísticas aún no son posibles. En México la evaluación del riesgo relacionado con la ceniza volcánica se ha realizado con modelos cuasi-analíticos o utilizando modelos numéricos para diseñar mapas de riesgo, pero sólo para carga de ceniza en zonas proximales e intermedias. A la fecha el país no cuenta con sistemas de alerta temprana capaces de evaluar, en tiempo real, la peligrosidad de la ceniza en la atmósfera y su impacto con el tráfico aéreo.

Para hacer frente a este fenómeno, Abacus I desarrolla un sistema de evaluación de impacto de la ceniza sobre el tráfico aéreo en tiempo real, basado en la aplicación del software SORT-ATM diseñado por el Centro de Supercómputo de Barcelona. El programa acopla resultados de modelos numéricos de dispersión de ceniza con datos de tráfico aéreo, para la evaluación de su impacto y generar información en apoyo para tomar decisiones durante una crisis.

El software visualiza las regiones de información de vuelo, rutas y aeropuertos presentes en la zona de interés; extrae los valores de concentración de ceniza en niveles de vuelo discretos y crea mapas de concentración para cada nivel de vuelo e intervalo de tiempo a fin de delinear el área donde la concentración es más alta que el umbral considerado. La operación de evaluación del impacto identifica los sectores del espacio aéreo afectados (aeropuertos, vuelos y entidades); sus resultados se compilan en tablas, gráficos y mapas con todos los elementos (aeropuertos, rutas y sectores del espacio aéreo) y el software produce automáticamente mapas que abarcan toda la extensión de la nube de ceniza.

La capacidad de simular en tiempo real condiciones producidas por huracanes, dispersión de ceniza y tráfico aéreo, permite trabajar con cientos de escenarios para generar información precisa susceptible de ser utilizada por el Centro Nacional de Prevención de Desastres, Comisión Nacional del Agua y Servicio Meteorológico Nacional para coadyuvar en labores de auxilio.

Capacidad de cómputo

400

Teraflops

equivalen a 40 millones de millones de operaciones por segundo

Almacenamiento

1.3

Petabytes

Representan seis veces todos los documentos de la Biblioteca José Vasconcelos

Velocidad de procesamiento

40

Gigabits

por segundo equivalen a transferir 13 DVD en un parpadeo

Comunicación con el exterior

10

Gigabits por segundo

con lo que se podría transmitir 220 mil libros en menos de tres minutos

Más información en http://bit.ly/2qwoZAu

Diana Saavedra González
FCCyT
sabedora@gmail.com

HÉROES DEL

Desde tiempos antiguos, el hombre ha creado máquinas que le permitan realizar cálculos de forma más sencilla y que le faciliten la toma de decisiones, por ejemplo, para conocer, entre otras cosas, el tiempo exacto de siembra o cosecha.

Datado en el siglo I a.C., el mecanismo de Anticitera es considerado por historiadores una de las primeras computadoras analógicas. Fue construida alrededor del año 87 a.C., y contiene discos que representaban las posiciones del Sol y la Luna para cada día, con base en un calendario lunar, detalla Carlos Coello Coello, investigador del Departamento de Computación del Cinvestav, en su libro *Breve historia de la computación y sus pioneros*. Existen así mismo, relatos de otras máquinas inclusive más complejas que el mecanismo de Anticitera, pero de las cuales no se tienen vestigios.

Hoy en día, las supercomputadoras permiten a científicos, economistas y demás investigadores realizar su trabajo de forma más rápida y sencilla, pues son máquinas cuyo hardware está diseñado para procesar datos en masa en un periodo de tiempo considerablemente menor al que se ocuparía utilizando una computadora de escritorio estándar.

Lo que hacen estas máquinas es que dividen la tarea para que cada procesador realice algún cálculo, reúnen los resultados y los entregan al investigador, quien los analiza para encontrar soluciones a sus planteamientos.

Imagine que a usted le han encargado comprar 100 productos del hogar en el supermercado, si hace la compra solo, tardará muchas horas tratando de completar la misión, pero qué tal si lo acompañan 10 personas para apoyarlo. Cada una buscará 10 productos de un pasillo diferente de la tienda, mientras usted reúne todos los datos y hace el pago en caja. Algo similar pero a una escala mucho más grande y compleja ocurre en las supercomputadoras.

Así, al igual que las computadoras que hay en casi todos los hogares, las supercomputadoras surgieron debido a la necesidad de resolver problemas, como el comportamiento de los movimientos de la bolsa de valores, predecir el clima, los dobleces de las proteínas en el organismo humano en pacientes con Alzheimer, es decir, asuntos cuya resolución requieren una gran cantidad de procesamiento numérico para encontrar respuestas.

El Centro Nacional de Supercómputo de San Luis Potosí, coadyuva en el cálculo matemático de investigaciones científicas diversas

Es por esto que en el mundo académico las supercomputadoras son una herramienta muy valiosa porque permiten reducir los tiempos requeridos para realizar el cálculo o la simulación de un problema científico complejo, detalla el maestro en Ciencias, Ricardo Velázquez Castañeda, de la Coordinación General de Servicios de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CGSTIC) del Cinvestav.

El descubrimiento del bosón de Higgs, considerado uno de los hallazgos de la física moderna más importantes de los últimos tiempos, habría sido imposible sin máquinas capaces de procesar la información para que los científicos pudieran analizarla y encontrar la elusiva partícula encargada de dar masa a la materia.

Igualmente, el supercómputo se utiliza para resolver problemas complejos en diversas áreas que van desde aquéllas relacionadas con la biología, la química, la física, la matemática, hasta el comportamiento de ciertos fenómenos en las ciencias sociales.

CÁLCULO

Fotografía : Centro Nacional de Supercómputo de San Luis Potosí

"Como resultado, la sociedad en general se beneficia de los logros científicos y tecnológicos que se alcanzan, por ejemplo está el desarrollo de vacunas en relativamente poco tiempo", añade Velázquez Castañeda.

Salvador Venegas Andraca, investigador de la Escuela de Ingeniería y Ciencias del Tecnológico de Monterrey, precisa que otro uso que se da a estas máquinas son los cálculos para sistemas cuánticos, la simulación de terremotos y el mundo financiero.

De hecho las primeras supercomputadoras fueron pensadas para trabajar en problemas de carácter financiero, para empresas como IBM, American Express y otras organizaciones dedicadas al cálculo de seguros, donde todo se define con base en probabilidades y estadísticas razonables en torno a modelos probabilísticos complejos.

Existe otra gran rama del uso de estas máquinas, como la proyección de escenarios de conflicto e identificar cuáles son razonables o no y sus posibles consecuencias. Qué pasaría con México en el caso de que haya un conflicto armado entre Estados Unidos y Rusia, o cuáles son las opciones para la economía mexicana si el dólar sube dos pesos o 20 centavos.

"Ese tipo de escenarios son muy importantes de estudiar, primero por las consecuencias prácticas, pero también porque el comportamiento de los sistemas no es lineal. Lo que pasa es que en el mundo financiero se debe mantener la estabilidad y si hay un cambio brusco puede generarse pánico en la población y esos comportamientos es importante modelarlos para estar preparados ante ello", ejemplifica Venegas Andraca.

Si se quisieran realizar estos cálculos en una PC para el hogar, ésta colapsaría o tardaría tanto en procesar los datos que sería prácticamente imposible realizar el trabajo a tiempo. La propuesta del mercado ante esta avalancha de cálculos es el diseño y construcción de las supercomputadoras o High Performance Computer (HPC), cuyo mantenimiento es costoso y requiere de instalaciones especiales, por lo que sólo empresas como IBM, los centros de investigación o las universidades pueden tenerlas.

Otra solución, de menor costo, que puede ofrecer las capacidades de procesamiento de información similar es la creación de clústers, donde la idea es tomar cientos o miles de procesadores interconectados mediante una red de alta velocidad y baja latencia para trabajar de manera coordinada.

Adicionalmente, los clústers son equipos con un elevado nivel de memoria, almacenamiento y tienen una capacidad de respuesta que puede medirse, actualmente, en centenares de miles de millones de operaciones por segundo (Teraflops, Petaflops, en adelante).

"Una supercomputadora puede o no ser un clúster; una supercomputadora que no es clúster, ya no es escalable, es decir, ya no se le pueden agregar más nodos de procesamiento, mientras que al clúster se le pueden agregar nodos sin límite", afirma Alberto Hernández García, del Centro Nacional de Supercómputo, del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica.

Un clúster implica agregación de dos o más equipos de cómputo para procesar la información pero de manera distribuida, comenta Fabián Romo, titular de Sistemas y Servicios Institucionales, de la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación de la Universidad Nacional Autónoma de México.

"La supercomputadora basada en un clúster implica la ejecución de librerías, aplicaciones y una configuración especial en términos de la distribución de las tareas entre los nodos que lo constituyen, con una baja latencia de comunicación y un uso eficiente tanto de la memoria como de las capacidades de almacenamiento, algo que no necesariamente hace un clúster en su definición más básica", precisa.

El Clúster Híbrido de Supercómputo Xiuhcoatl del Cinvestav impulsa la formación de especialistas en cómputo de alto desempeño

Lo que sucede entonces con el clúster es que se cuenta con muchas computadoras que se ponen a trabajar en línea, repartiendo los trabajos como en una industria o una fábrica.

En su origen, añaden los expertos, la idea del clúster era que había una cantidad considerable de computadoras ordenadas para procesar datos científicos, pero con el tiempo este concepto se extendió a lo que hoy es conocido como *grid computing* que implica tener computadoras no solamente dedicadas a una sola tarea, sino grandes equipos utilizados en otros propósitos.

Las máquinas que son empleadas para servicios educativos en una universidad (pagos, Word, SAT, etcétera) en realidad utilizan 10 o 20 por ciento de la memoria de la máquina, desperdiciando un gran poder del CPU.

Tanto para la programación de supercomputadoras o clústers se requiere de programadores altamente experimentados pues no se trata de una tarea trivial, enfatizan los especialistas.

En el caso de una supercomputadora, el programador debe saber repartir las cargas de trabajo en los diferentes procesadores de la máquina, mientras que en el caso del clúster se necesita de un buen conocimiento de redes porque tendrá que realizar la distribución de las tareas.

China, Estados Unidos, Reino Unido y Suiza tienen las mejores supercomputadoras del mundo de acuerdo con la organización del Top 500, que ofrece de manera pública en su sitio de internet la relación de todas las computadoras que entran en su clasificación.

El listado es elaborado desde 1993 con ayuda de expertos informáticos de alto rendimiento, científicos computacionales, fabricantes y la comunidad de internet en general, los cuales suelen responder un cuestionario especializado elaborado por personajes como Erich Strohmaier y Horst Simon, del Centro de Investigaciones Científicas Computacionales del Departamento Nacional de Energía de Estados Unidos.

Se trata de una lista sobre los equipos de más alto rendimiento que es de gran interés para los fabricantes y usuarios, ya que puede ayudar facilitar el establecimiento de colaboraciones o el intercambio de datos y software.

El listado más reciente, presentado en noviembre de 2016, revela que el Centro Nacional de Supercómputo Wuxi, en China, es el que posee la supercomputadora más potente del mundo, mientras que el centro Guangzhou –también en esa nación– ostenta el segundo lugar. Según los autores, China y Estados Unidos luchan por tener el mayor número de equipos de supercómputo, pues ambas tienen 171 equipos clasificados, representando dos tercios de la lista.

El caso nacional

Al igual que muchas naciones del mundo, nuestro país cuenta con supercomputadoras que son equipos tipo clúster dedicados a la investigación y la industria privada.

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología creó en 2006 el Centro Nacional de Supercómputo (CNS), que se ubica en el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, en el estado de San Luis Potosí.

En 2015 se creó el Laboratorio Nacional de Cómputo de Alto Desempeño, donde colaboran UNAM, UAM y Cinvestav, que tienen la mayor experiencia en el manejo de supercomputadoras, las cuales se ligan a través de fibra óptica y equipo que conecta a las tres instituciones para crear la Red Delta Metropolitana.

Cabe destacar que aunque hay supercomputadoras en México de muy alta capacidad, estar en la lista del Top 500 implica hoy en día disponer de un equipo de 350 Teraflops o más, aclara Fabián Romo.

Las mejor posicionadas en México

Abacus, adquirida por el Cinvestav en 2014, es un equipo que por sus características ha sido comparado con uno similar de la NASA y fue considerada una de las 150 más rápidas de ese año.

El Cinvestav también cuenta con Xiuhcoatl, un equipo híbrido inaugurado en 2012 que fue uno de los más grandes e importantes del país, y actualmente tiene un procesamiento de alrededor de 250 Teraflops.

Le sigue Miztli, equipo que inició operaciones en 2013 y pertenece a la Dirección de Cómputo de Tecnologías de Información y Comunicación de la UNAM y, de hecho, sustituyó a la supercomputadora Kan Balam.

También está la del Laboratorio Nacional de Supercómputo del Sureste de México, en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, con Cuetlaxcoapan, compuesta por un clúster estándar de cálculo con procesadores Intel Xeon y uno de procesadores Intel Xeon Phi Knights Land.

Otro de los equipos de supercómputo en México más reconocidos es Aitzaloa, de la UAM, que en 2008 llegó a ser el más potente de América Latina, pues contaba con 2 mil 160 núcleos en procesadores Intel Xeon en E5272 QuadCore y 100TB de almacenamiento. Actualmente, éste ha sido relevado por el clúster Yolta, con capacidad de 152 Teraflops.

Estos equipos procesan proyectos de investigación relacionados con nanotecnología, comportamientos y conexiones para fibra óptica, relaciones sobre la diabetes tipo 2, caracterización de estructuras relacionadas con el Alzheimer, análisis tridimensionales de los discos de galaxias espirales, cálculos teóricos sobre química cuántica computacional y caracterización de genomas, entre muchos otros.

Miztli atiende en promedio 130 proyectos de investigación anualmente y Xiuhcoatl acepta alrededor de 60.

Para los científicos que trabajan en instituciones académicas o en centros de investigación, añade Venegas Andraca, el acceso es relativamente sencillo, pues se trata de equipos públicos que deben servir a la ciencia mexicana, ya que no se puede rentar de forma privada una infraestructura así.

“Hay justificación de tener que utilizar una supercomputadora para resolver problemas de ingeniería. Para ellos es que está instalada la plataforma. No necesariamente es la más rápida del planeta o de América, pero se puede utilizar”, comenta.

La historia, sin embargo, se torna diferente cuando de empresas privadas se trata, pues deben pagar por acceder y usar el equipo. También es por eso que la iniciativa privada busca esporádicamente hacer uso de los equipos públicos. Xiuhcoatl, por ejemplo, recibe una o dos solicitudes de las empresas anualmente, por lo que para Velázquez Castañeda es necesario hacer mayor labor para vincularse con la industria.

Para Romo esto se debe también a que las empresas que usan supercómputo de forma intensa tienen sus propios departamentos e infraestructura, como son las industrias químicas o las armadoras de automóviles.

Los que no tienen supercomputadoras en el sector privado tampoco poseen el personal capacitado para la utilización de este tipo de infraestructura.

En un esfuerzo por integrar también a todos los actores de esta área para potenciar el uso de los equipos con los que el país cuenta, recientemente fue creada la Red Mexicana de Supercómputo (Redmexsu).

En esta red participan la Agencia Espacial Mexicana, la BUAP, el Centro de Investigación en Matemáticas, el CNS, el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, así como varias universidades y centros de investigación más, incluyendo a empresas privadas.

Uno de sus primeros pasos será reunirse con miembros del Congreso de la Unión para que los investigadores expliquen a los legisladores la importancia de crear más infraestructura de supercómputo en el país.

Fotografía : UNAM-DGTIC

ANALGÉSICOS
ENTRE EL BIEN Y EL MAL

Una investigación realizada por la Universidad Estatal de Ohio, en Estados Unidos, reveló que el abuso de antiinflamatorios, como el ácido acetilsalicílico, diclofenaco, keterolaco, naproxeno o ibuprofeno, conocidos como antiinflamatorios no esteroideos (AINEs), incrementa el riesgo de desarrollar cáncer endometrial.

Esta no es la primera vez que se relaciona a ese tipo de fármacos con problemas de salud, de hecho se estima que en Estados Unidos 100 mil personas son hospitalizadas al año por complicaciones derivadas del mal uso de esos medicamentos, de las cuales 15 por ciento tiene una consecuencia fatal. En tanto, a nivel mundial se estima que cinco por ciento de los pacientes hospitalizados por complicaciones digestivas se debe al mal uso o abuso de los mismos.

En México no existen registros de hospitalizaciones o muertes relacionadas con el consumo de ese tipo de analgésicos, pero la Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios (Cofepris) ha emitido diversos comunicados a fin de prevenir a la población sobre los riesgos de su uso desmedido.

Estos fármacos funcionan al inhibir las enzimas llamadas ciclooxigenasas que realizan la síntesis de prostaglandinas, sustancias que emplea el organismo para sensibilizar a las neuronas del dolor cuando ocurre una herida, lesión o infección en el cuerpo, y que es empleado por el organismo para emitir una señal de alarma.

Sin embargo, las prostaglandinas producidas por las ciclocooxigenasas también contribuyen a la protección de la mucosa gastrointestinal y tienen efectos cardioprotectores, por lo que su bloqueo puede generar incremento de la secreción ácida (que deriva en erosión gástrica), además de aumentar el riesgo de trombosis y efectos cardiovasculares. Asimismo, se han reportado daños a nivel renal por el uso excesivo de AINEs.

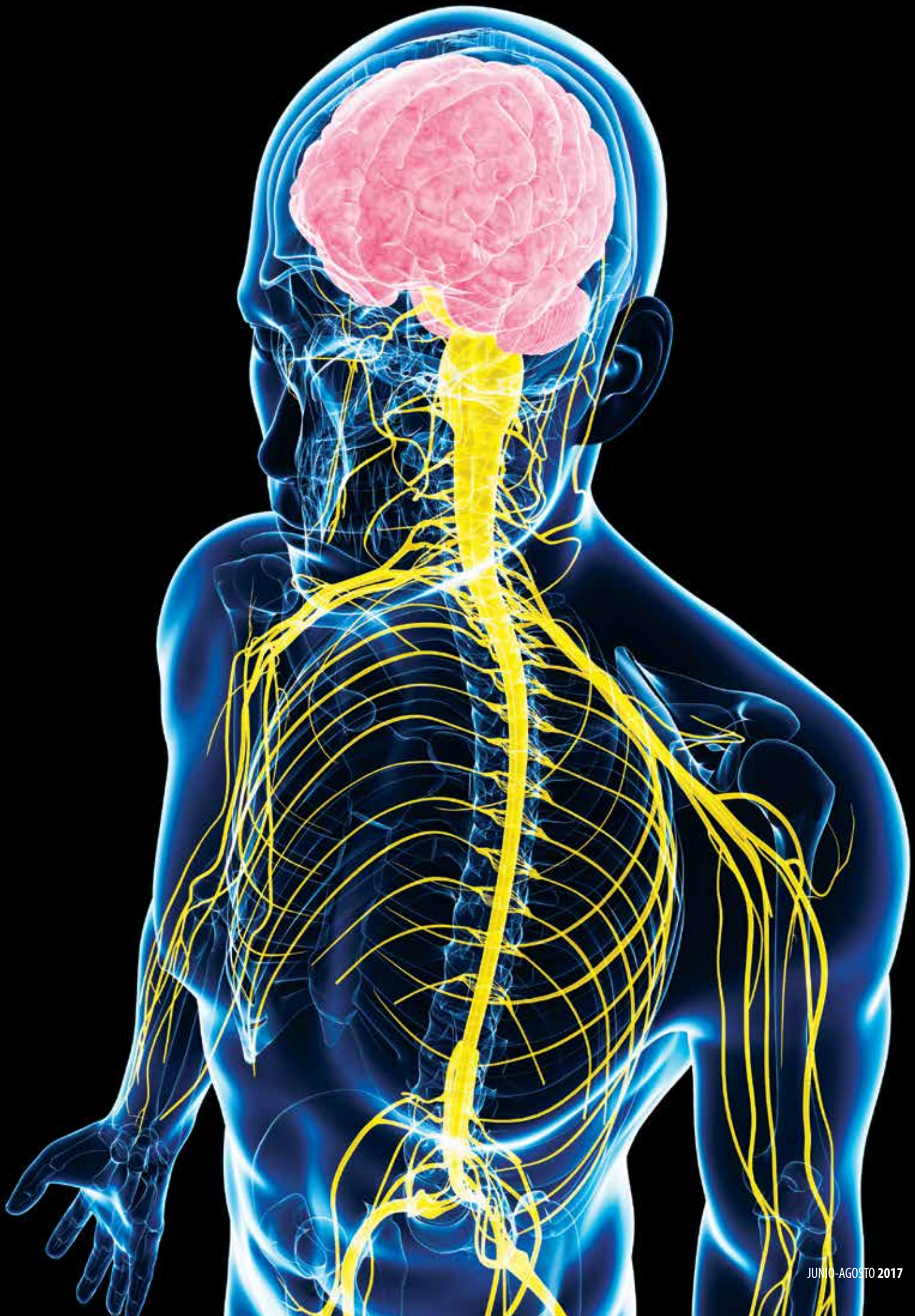
De acuerdo con Vinicio Granados Soto, investigador del Departamento de Farmacobiología del Cinvestav, no es que esa clase de medicamentos representen un peligro por sí mismos, sino que la forma en que se emplean por parte de la población es la que ha incrementado los casos de efectos dañinos.

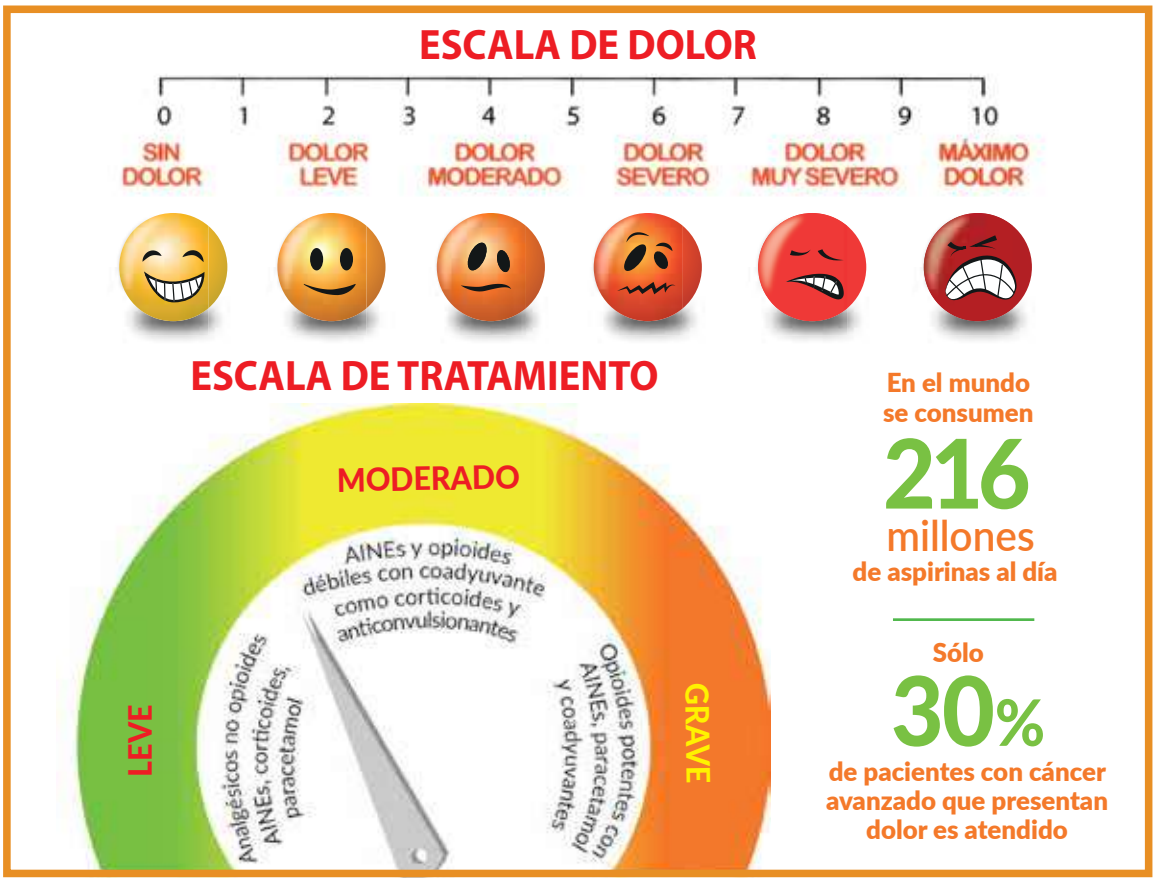
“En cualquier hogar hay frascos de aspirinas o algún otro analgésico, porque hay acceso irrestricto y la gente no tiene criterio para saber cuándo es necesario consumirlos. Ese es el verdadero peligro de esa clase de medicamentos”, expuso el especialista en investigación del dolor.

Para Gilberto Castañeda Hernández, investigador del Departamento de Farmacología del Cinvestav, los daños que producen los antiinflamatorios no esteroideos no es razón para que no sean prescritos, pero sí requieren de un manejo adecuado por parte del consumidor.

Como cualquier otro medicamento, los analgésicos deben usarse de acuerdo con las indicaciones del fabricante. Por ejemplo, el ketorolaco no puede administrarse más de 10 miligramos por dosis, ni emplearse por un periodo mayor a cinco días, ya que de lo contrario se tiene riesgo de generar erosión gástrica, daño renal, perforaciones estomacales o intestinales, que de agravarse pueden conducir a la muerte.

De acuerdo con Granados Soto, el modelo empleado por Cofepris para los antibióticos (de venderse sólo con receta médica y recogerse la misma) debe ser retomado en el caso de los antiinflamatorios no esteroideos, a fin de hacer conciencia sobre su uso entre la población mexicana sin que ello represente un aumento en el precio, pues a pesar





Infografía: con información de la OMS, Bayer y la ALCP

de sus efectos dañinos por su uso prolongado, aún son herramientas muy recomendables para el tratamiento de dolor leve a moderado.

Al respecto, Castañeda Hernández sugirió que la venta libre de los AINEs debe continuar en México, pero es necesario trabajar en la educación de los pacientes y los profesionales de la salud desde su formación en la universidad para que, en caso de que un dolor se extienda por más de cinco días, sea atendido por un médico y no se continúe consumiendo el antiinflamatorio, ya que no importa si es naproxeno, ibuprofeno o cualquiera de los más de 50 que existen actualmente en el mercado, todos tienen el efecto de suprimir las prostaglandinas, con consecuencias adversas renales, cardiacas y a la mucosa gástrica.

Analgésicos opioides: herramienta poco utilizada

El uso de los analgésicos opioides es distinto al de los antiinflamatorios no esteroideos, al menos en el caso nacional, ya que están sumamente restringidos al grado de ser subutilizados en el tratamiento del dolor.

A pesar de que en países con economías desarrolladas se ha incrementado el consumo y, en algunos casos la adicción a estos medicamentos; en México son poco empleados por los profesionales de la salud, al considerarlos peligrosos, por lo que su administración se orienta más hacia pacientes con dolor crónico, principalmente cáncer terminal, y no a otros enfermos que también los requieren.

“Eso es un crimen”, sostuvo Castañeda Hernández, al señalar que el uso de medicamentos como la morfina debe ser un tratamiento estándar en caso de dolores severos, entre los que figura el dolor neuropático, postoperatorio o de origen oncológico.

Tal aseveración no es exagerada, ya que el alivio del dolor es tipificado por la Organización de las Naciones Unidas como un derecho humano, por lo que es una exigencia del profesional de la salud valerse de las herramientas a su alcance para evitar este sufrimiento al paciente.

“Son muy pocos los casos en que el paciente esté interesado en consumir opioides con fines recreativos; aunque sí presentan efectos de euforia, lo que espera es que le reduzca la intensa sensación de dolor que afecta su calidad de vida. Quienes buscan más esos efectos son pacientes ambulatorios, quienes tienen dolores crónicos por otros procesos, como una amputación, pero en nuestro país son pocas veces recetados para esos individuos”, refirió Granados Soto.

El experto del Departamento de Farmacobiología del Cinvestav explicó que los opioides activan el sistema endógeno del dolor, encargado de producir endorfinas, encefalinas y otras moléculas que genera nuestro organismo para reducir la sensación dolorosa parcialmente.

De manera natural el cuerpo libera esos componentes cuando se sufre una lesión grave, como una fractura, con el objetivo de que podamos resistir hasta estar a salvo; lo que sucede es que las neuronas encargadas de llevar la señal del dolor tienen receptores de esas sustancias y al momento de recibirlas, de manera natural o a través de opioides, la sensación dolorosa es menor.

Además de su uso analgésico, los opioides también se emplean como inductores de anestesia y en procesos posquirúrgicos a fin de reducir el dolor después de la cirugía. Sin embargo, el proceso de adicción está relacionado a la sensación de euforia que producen en los individuos cuando se consume excesivamente. Los opioides generalmente activan neuronas en un área cerebral llamada núcleo accumbens, encargada del sistema de recompensa.

Según Gilberto Castañeda Hernández, esa sensación sólo puede obtenerse de los fármacos opioides cuando son consumidos en altas dosis, y en muchos casos los medicamentos que actualmente existen en el mercado están hechos para dosificar la morfina en forma gradual, por lo que es más complicado emplearlos para uso recreativo.

A pesar de ello, la Organización Mundial de la Salud recomendó tener cuidado con su prescripción a partir de que dio a conocer que cada año más de 17 millones de personas consumen analgésicos opioides, muchos de ellos en forma ilegal, y la sobredosis de esos medicamentos cuestan la vida a 70 mil personas en el mismo periodo.

Las lecciones que se deben aprender sobre el uso de los medicamentos opioides así como de los antiinflamatorios no esteroideos es que en ambos casos es necesario emplearse de acuerdo con las necesidades del paciente, pero a través de una administración vigilada por médicos calificados.

“Aquí (en México) los médicos prefieren dar analgésicos comunes para todo, hasta en los postoperatorios recetan paracetamol, en lugar de opioides. Eso da la impresión de que el cirujano no sabe de farmacología del dolor y puede hacer sufrir al paciente. Es necesario que en nuestro país exista un análisis y un debate profundo sobre el uso de los analgésicos, tanto para evitar sus riesgos como para emplearlos adecuadamente”, concluyó Vinicio Granados Soto.

(Héctor de la Peña)

Ilustración: Dulce K. Ramírez Flores

Entender el padecimiento

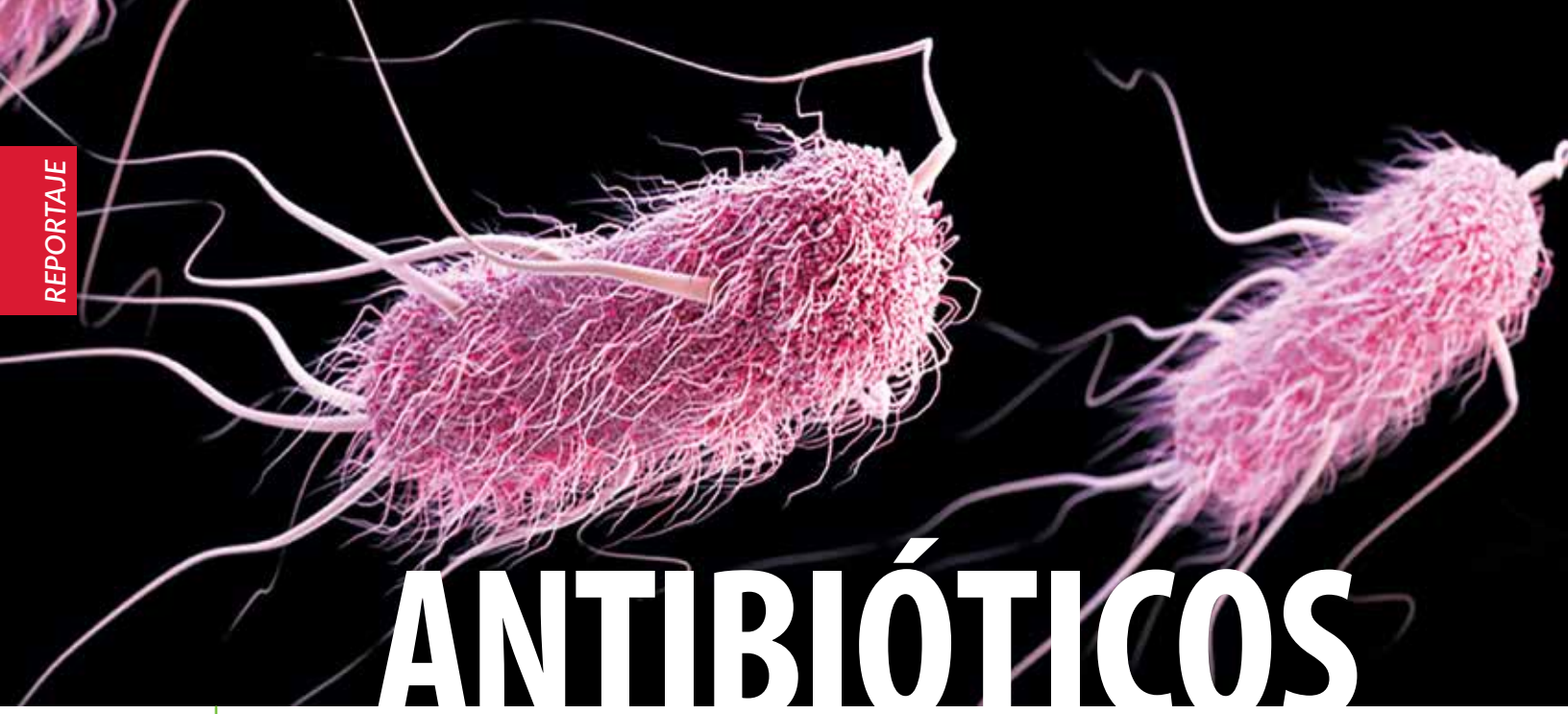
El tratamiento y entendimiento del dolor ha evolucionado en forma significativa en los últimos 100 años, luego de la creación del ácido acetilsalicílico por Félix Hoffmann, a partir del estudio de una sustancia obtenida de la corteza del roble blanco.

Ahora se conoce que los estímulos físicos, mecánicos o térmicos encienden neuronas ubicadas en la piel, articulaciones u órganos internos, para producir una señal eléctrica que se conduce hacia la médula espinal, donde es decodificada para interpretar el dolor.

Se sabe que la velocidad con la que la señal llega a la médula espinal depende de qué tipo de neuronas reciban el estímulo, ya que existen tres diferentes: las lentas que trasmiten la señal a un metro por segundo, las intermedias que lo hacen entre 10 y 30 metros por segundo, y las rápidas que alcanzan hasta 100 metros por segundo.

Hasta hace unas décadas se creía que cada persona y animal tenía diferentes umbrales al dolor, pero se ha descubierto que, al menos todos los vertebrados, cuentan con un sistema sensorial nociceptivo similar, que se activa si el estímulo es de la suficiente intensidad y duración para provocar dolor; es decir que tanto hombre como mujeres, perros, gatos o ratones tienen el mismo umbral de dolor.

La automedicación de analgésicos puede provocar hemorragias y ulceras gástricas



ANTIBIÓTICOS ¿EN DECADENCIA?

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

El 18 de marzo de 2009 el Sistema Nacional de Notificación y Vigilancia Epidemiológica reveló un incremento de enfermedades respiratorias en el país, 25 días después se reportó la muerte de una mujer de 39 años con infección respiratoria en Oaxaca. Rápidamente se identificó que el brote estaba siendo causado por el virus de influenza AH1N1, el cual cobró fuerza y víctimas en todo el territorio nacional, causando alerta sanitaria a nivel mundial.

Esta epidemia resaltó las consecuencias del uso inadecuado de los antibióticos en México. Muchos de los infectados por el virus de la influenza AH1N1 fueron tratados erróneamente con estos medicamentos, los cuales sólo sirven para infecciones causadas por bacterias. En algunos casos los fármacos fueron prescritos por médicos; pero sobre todo adquiridos sin receta directamente en las farmacias por los pacientes. Esta práctica ocasionó retraso en la detección de complicaciones y tuvo resultados fatales. Ello contribuyó al análisis y planteamiento para mejorar la prescripción, el uso y la venta de antibióticos en el país.

Un documento publicado por el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) en 2008 señala que durante la década de los 90, éstos fármacos eran los medicamentos más vendidos en las farmacias privadas, en particular para tratar infecciones respiratorias y diarreicas, sin embargo, casi 40 por ciento eran sin receta médica. Asimismo, el estudio concluyó que en los servicios de salud públicos y privados, 70 por ciento de los pacientes con este tipo de infecciones agudas recibían recetas de antibióticos, cuando su uso se justificaría sólo en un 10 a 15 por ciento de los casos, ya que la mayoría de estos padecimientos son causados por virus y no por bacterias.

Otro estudio, publicado en 2010 por investigadores del INSP, documentó que durante el periodo de 1997 a 2007 México tuvo el nivel más alto de consumo de fármacos antibacterianos de entre ocho países de Latinoamérica.

Las bacterias tienen una forma intrínseca de resistencia que se desarrolla en forma natural sin que exista una exposición previa a antibióticos. Pero también existe la adquirida, la cual se crea por excesivo o mal uso de estos medicamentos, donde las bacterias adoptan nuevas características a

La *E. coli* está entre las 12 bacterias más peligrosas para el ser humano de acuerdo con la OMS

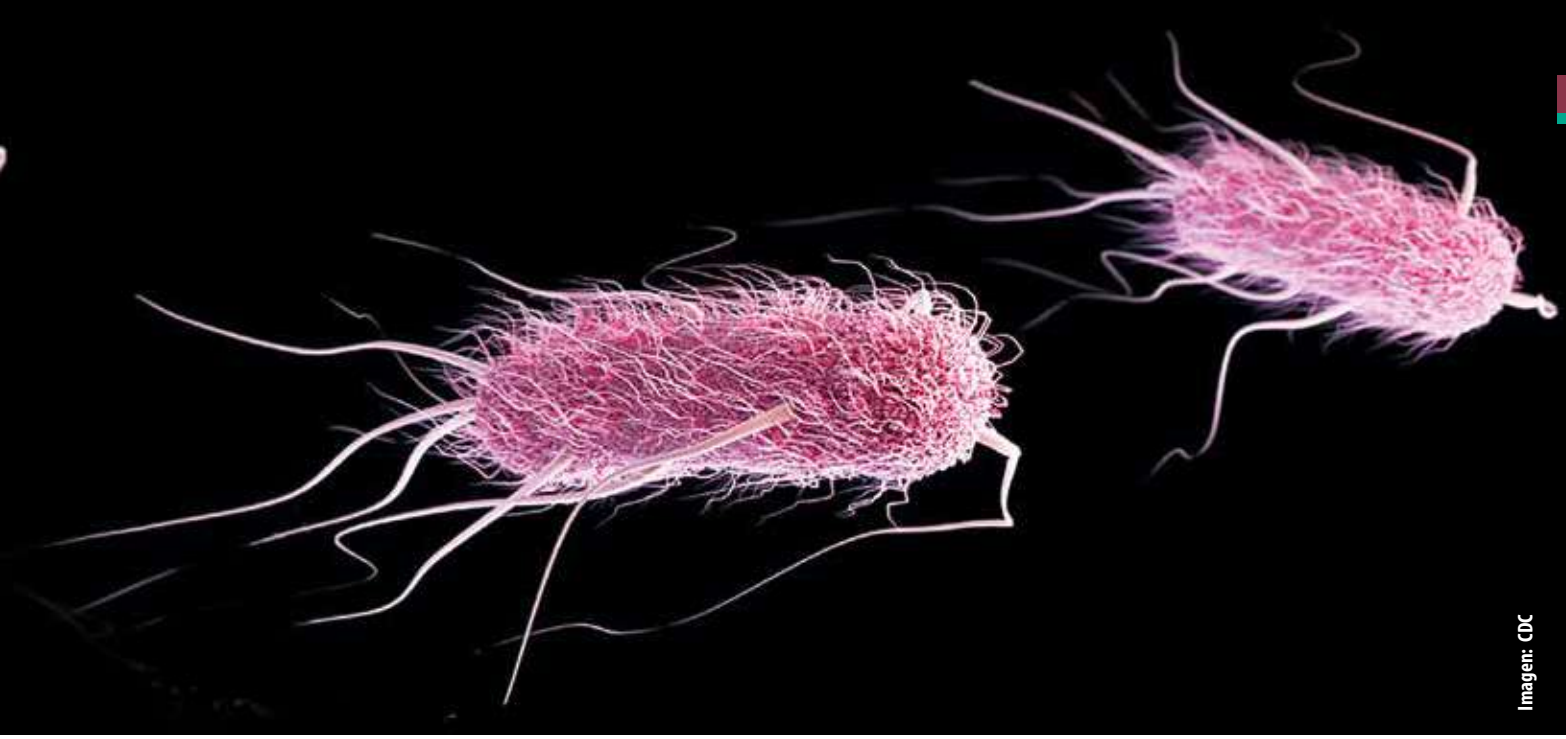


Imagen: CDC

través de la mutación de genes o de la transferencia de material genético.

En 2010 la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris) emitió una medida para que las farmacias no vendan estos fármacos sin receta médica. Anahí Dreser Mansilla, investigadora del INSP comentó que, si bien la medida regulatoria fue tomada en el contexto de la epidemia de influenza AH1N1, indirectamente también llegó a apoyar el combate a la resistencia bacteriana, un problema de salud mundial.

Con la medida tomada por Cofepris la venta de antibióticos bajó 12 por ciento en el país. Este decremento, señaló la investigadora, "fue principalmente a expensas de la penicilina, la ampicilina y la amoxicilina, medicamentos antibacterianos con mayor consumo sin receta médica en México". Anahí Dreser explicó que investigaciones realizadas por su grupo, liderados por Yared Santa Ana, demostraron la mala utilización o el uso injustificado de estos fármacos, ya que antes de la regulación se vendían en grandes cantidades durante el invierno, cuando las enfermedades predominantes en esa época son virales, como el resfriado o la gripe.

También mencionó que si bien hubo un avance al reducir la venta de estos fármacos, "el impacto pudo ser mayor, pero la aparición de consultorios médicos adjuntos a las farmacias (lo que probablemente genera un inadecuado diagnóstico para obtener mayores ingresos) amortiguó, en gran medida, la baja de su comercialización.

En Chile, por ejemplo, se aplicó una política similar de restricción a partir de 1999, lo que redujo [35 por ciento] la venta de medicamentos antibacterianos". La investigadora concluyó que en México el gran reto que persiste para afrontar el problema de la resistencia bacteriana, es mejorar la calidad de la prescripción médica de antibióticos.

La utilización de antibióticos está determinada por una complejidad de elementos, entre los que se encuentran conocimientos y actitudes respecto de los medicamentos, organización de los sistemas de salud, así como factores sociodemográficos,

culturales, económicos, políticos y regulatorios que conforman el contexto donde ocurre su demanda y oferta.

El aumento de la resistencia hace que se recurra con más frecuencia a los llamados antibióticos de último recurso, como la colistina, una de las últimas opciones contra bacterias polirresistentes, los cuales son mucho más tóxicos y que con el tiempo también perderán efectividad. Se sabía que las bacterias tratarían de defenderse generando resistencia, pero el proceso se ha acelerado y está siendo mucho más rápido que la capacidad de desarrollar nuevos medicamentos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) asegura que la resistencia bacteriana ya causa 700 mil defunciones por año y prevé que para 2050 sea responsable de 10 millones de muertes anuales. Así mismo menciona que infecciones comunes y potencialmente mortales como la neumonía, la gonorrea y la tuberculosis son cada vez más difíciles de tratar debido a esta condición. Recientemente esta entidad publicó una lista de 12 familias de bacterias para las que se necesitan urgentemente nuevos antibióticos.

La relación se divide en tres categorías, según la prioridad sea crítica, alta o media. La primera incluye las bacterias multirresistentes, que son especialmente peligrosas en hospitales, residencias de ancianos y entre los pacientes que necesitan ser atendidos con dispositivos como ventiladores y catéteres intravenosos. Entre ellas figuran las llamadas *Acinetobacter*, *Pseudomonas* y varias enterobacteriáceas como *Klebsiella*, *Escherichia coli*, *Serratia* y *Proteus*, que pueden provocar infecciones graves y a menudo letales.

La OMS y la Organización Panamericana de la Salud han emitido una alerta epidemiológica para la búsqueda intencionada en los hospitales de bacterias que son resistentes a los antibióticos carbapenémicos (con un amplio espectro de actividad y altamente potentes contra bacterias), ya que son productoras de enzimas que inactivan prácticamente a lo último en opciones terapéuticas contra infecciones graves.

En México, el Centro de Investigación en Enfermedades Infecciosas del INSP junto con diversos centros hospitalarios describieron el primer brote de *Klebsiella pneumoniae*, en un nosocomio de la Ciudad de México en 2010. En este caso, 22 pacientes y dos trabajadores de la salud fueron infectados y colonizados, respectivamente. Asimismo, se identificó que las muestras eran resistentes a la mayoría de los antibióticos, pero susceptibles a la tigeciclina y colistina. Esta información permitió guiar el tratamiento, así como realizar la contención de los pacientes a fin de que las bacterias resistentes no se diseminaran dentro o fuera del hospital.

La resistencia bacteriana causaría

10

millones

de muertes anuales para 2050

Hacia el futuro

Pablo Cruz Morales, investigador de la Unidad de Genómica Avanzada (UGA) del Cinvestav, explicó que biológicamente lo que sucede con la resistencia microbiana es que los antibióticos (penicilinas, cefalosporinas, carbapenemas y la vancomicina) al momento de llegar a la bacteria atacan rompiendo algún proceso vital, ya sea la replicación del ADN o la síntesis de proteínas; para evitar ser destruida modifica su sistema de manera que el fármaco ya no funciona. Esta resistencia puede propagarse a otras variedades bacterianas incluso entre especies diferentes.

"Imagina que estos medicamentos son una llave con el código exacto para abrir una cerradura, que en este caso sería la bacteria; al crear resistencia, ésta modifica las muescas de la cerradura para evitar reconocer la llave y ser destruida", mencionó el investigador.

La aparición de genes que confieren resistencia bacteriana es algo que no se puede controlar, es parte del proceso natural evolutivo. Pablo Cruz afirmó que "las bacterias se replican rápidamente, por lo que tienen poblaciones muy grandes, sin embargo, cuando se consumen antibióticos indiscriminadamente, morirá la mayoría de ellas, pero algunas tienen la capacidad de resistir, siendo las que persisten, se reproducen y forman nuevas agrupaciones".

Para esta situación nunca se va a tener una solución permanente, "se sabe que aproximadamente un año después de salir al mercado, una tigeciclina empieza a mostrar signos de resistencia, por lo que debemos cambiar nuestras prácticas de uso y seguir investigando alternativas para combatir las infecciones".

El investigador aseguró que una alternativa que en el futuro podría utilizarse es la terapia de fagos o fagoterapia, que son virus que sólo afectan a las bacterias y que lo pueden hacer de forma muy específica y eficaz.

La técnica consiste en introducir determinados bacteriófagos en el cuerpo, los cuales viajan hasta encontrarse con el objetivo, inmediatamente se adhieren a su capa exterior y comienzan su replicación. Aprovechando la maquinaria celular de las bacterias, los fagos copian su material genético y cuando se han multiplicado, la bacteria revienta, dejando libre miles de copias nuevas del virus, que harán lo mismo con otros microorganismos. De esta manera se pueden eliminar de forma segura microorganismos que se

Infografía: con información de la OMS

han vuelto resistentes a los medicamentos, ya que los fagos son muy específicos.

Pablo Cruz mencionó que es necesario invertir en investigación y en el desarrollo de nuevas moléculas para entender mejor los ciclos evolutivos de las poblaciones bacterianas, ante la presencia de los antibióticos, así como sus mecanismos de resistencia. "Lo ideal sería predecir cómo van a ser ambos antes de que los medicamentos salgan al mercado".

Aunque existen posibles alternativas al uso de antibióticos, aún no se cuenta con otra tecnología más eficiente para combatir una infección, por lo que no se pueden dejar de utilizar, ya que gracias a ellos se evita la aparición de infecciones que comprometan la salud del paciente en cirugías modernas, trasplantes o en partos.

El investigador consideró que la medida tomada por las autoridades mexicanas en 2010 "es buena, hay que mantenerla y extenderla, pero al mismo tiempo hay que hacerla más eficiente capacitando al personal de salud para que las prescripciones sean más precisas. Además se tienen que desarrollar métodos de diagnóstico económicos que puedan ser utilizados en el consultorio para determinar si es necesario recetar un fármaco antibacteriano".

Existe también una relación intrínseca humano-bacteria que hace que la resistencia se desarrolle en sitios inesperados, por ejemplo, explicó el investigador del Cinvestav: "hay moléculas que usamos en nuestra vida diaria [para fabricar] recipientes de plásticos, donde se implantan para que no se acumulen bacterias y que se pensaba no tenía ningún efecto en las personas porque no son de uso clínico, sin embargo, esta interacción produjo que las bacterias desarrollaran resistencia a los antibióticos".

El uso inapropiado y la prescripción excesiva de los antibióticos son las principales causas del acelerado desarrollo de la resistencia antimicrobiana, la cual reduce la efectividad de estos medicamentos e incrementa la mortalidad por enfermedades infecciosas. Mejorar su uso requiere no solamente de cambios simultáneos en la conducta de los profesionales de la salud y de los pacientes, sino también modificar el contexto en el cual éstos interactúan; es decir, lograr modificar los sistemas y las políticas de salud e incorporar la investigación y el desarrollo científico para una solución integral.

ESTUDIANTES VAN CON LOS NOBEL

Fotografía: Reunión Lindau de Galardonados del Nobel

El mexicano Mario Molina, premio Nobel de Química 1995, estará presente en la 67 Reunión Lindau, en Alemania

Said Jalife Jacobo, estudiante de doctorado en Ciencias con Especialidad en Fisicoquímica, del Cinvestav Unidad Mérida, fue seleccionado para participar en la 67 Reunión Lindau de Galardonados del Nobel, en Alemania. Este año el encuentro estará dedicado al área de química, al que acudirán alrededor de 30 premios Nobel y 400 investigadores de todo el mundo, para intercambiar opiniones, puntos de vista y enriquecer sus conocimientos.

La reunión ofrece la oportunidad a los jóvenes investigadores de participar y presentar sus trabajos e interactuar con colegas de diferentes países. La selección de los participantes mexicanos se da a través de un competitivo proceso que lleva la Academia Mexicana de Ciencias (AMC) y el Comité Lindau.

Said comentó que acudir a este foro es una oportunidad para intercambiar opiniones con expertos de distintas áreas y al mismo tiempo adquirir conocimientos de los diferentes laboratorios alrededor del mundo, "es un momento donde se pueden extender las redes de conocimiento y de colaboración".

El estudiante de doctorado ha enfocado su trabajo en entender la fluxionalidad y comportamiento de moléculas conocidas como carbocationes, especies intermediarias en diversas reacciones químicas. Su novedoso trabajo y contribuciones a la química de estos sistemas, han sido factores determinantes para su participación en esta prestigiosa reunión.

"Mi investigación se centra en la Química Teórica, en particular en el uso de metodologías computacionales cuánticas y simulaciones de dinámica molecular para comprender el curso de las reacciones químicas. Me he enfocado a estudiar la reactividad, estructura y rearreglos moleculares de algunos sistemas orgánicos conocidos como carbocationes. Durante más de un siglo, estas especies cambiaron nuestra forma de concebir al átomo de carbono, extendiendo los conceptos clásicos de tetravalencia y enlace de Lewis. Es por ello que su comportamiento sigue teniendo una fascinación contemporánea", aseguró.

Con 28 años de edad, Said comentó estar agradecido con la AMC por su nominación y apoyo

otorgado, pero especialmente con su asesor, Gabriel Merino Hernández, investigador del Cinvestav Unidad Mérida, ya que asegura ha contribuido en gran medida en su preparación académica y a que él asista a este encuentro internacional.

"Toda mi investigación la he desarrollado en el Departamento de Física Aplicada del Cinvestav, donde he tenido todas las facilidades para trabajar y puedo asegurar que pertenezco a uno de los grupos de Fisicoquímica Teórica más consolidados del país", sostuvo.

El estudiante indicó que formar parte de un grupo de investigación de alto nivel le dio la motivación de realizar estudios de vanguardia y la oportunidad de acudir a este importante foro donde podrá interactuar con académicos de todo el mundo.

Said Jalife Jacobo actualmente se encuentra en la Universidad de Calgary, en Canadá, bajo la supervisión de Dennis Salahub, en calidad de estudiante visitante del Programa de Becas para Líderes Emergentes en las Américas (ELAP), donde trabaja con modelos multiescala para sistemas químicos complejos, es decir, modelado de catálisis enzimática y proteínas.

Desde 1951 la Reunión Lindau de Premios Nobel se celebra anualmente y está diseñada como un foro para el intercambio, la socialización y la creación de redes. En este encuentro los jóvenes investigadores se encuentran con los científicos más reconocidos de su campo y algunos de ellos tienen la oportunidad de discutir su propio trabajo en una de las clases magistrales o en la sesión de carteles.

Este año acudirá un grupo de diez mexicanos, cinco mujeres y cinco hombres, provenientes de distintas instituciones de educación superior e institutos de investigación del país. El encuentro tendrá lugar del 25 al 30 de junio en el Lago de Constanza, Alemania, al que también acudirá Denhy Hernández Melo, egresada del programa de Doctorado en Ciencias Químicas del Cinvestav.

En esta ocasión México fue elegido anfitrión de entre más de 200 instituciones científicas que son socias académicas de la Fundación, para convertirse en el organizador del *International Day*.

El objetivo es que el seleccionado presente una síntesis de los avances en ciencia y tecnología en las diferentes áreas, a una audiencia internacional de investigadores, Premios Nobel y prensa. Se incluyen eventos de arte y cultura como música, pintura, videos de culturas prehispánicas y sitios de interés en el país.

(Wendolin Collazo)

Said Jalife Jacobo

Fotografías: archivo Cinvestav

IMPULSOR DE LA DESCENTRALIZACIÓN

MANUEL ORTEGA

Manuel V. Ortega Ortega, visionario científico mexicano que impulsó la descentralización de la ciencia, fortaleció el sistema de becas en beneficio de miles de estudiantes y promovió en los años 60 el estudio de disciplinas científicas en ese entonces poco conocidas en el país, falleció el pasado 19 de abril a los 86 años de edad.

Este hombre ingenioso, culto y apasionado de la ópera fue el tercer Director General del Cinvestav (1978-1982) y uno de los primeros académicos en integrarse al Centro en 1961 junto a Juan García Ramos y José Ádem.

Nació un 19 de julio de 1930 en la Ciudad de México. Se graduó como Químico Bacteriólogo Parasitólogo por la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional y obtuvo su doctorado en Bioquímica en el Instituto Tecnológico de Massachusetts.

Estudioso de la salmonelosis, un tema que desarrolló por casi 20 años en busca de caracterizar a esta bacteria, impulsó en los años 60 el estudio de disciplinas prácticamente inexistentes en México, como lo era la genética microbiana y la biología celular. Además fue presidente de la Sociedad Mexicana de Bioquímica.

Manuel Ortega fue uno de los fundadores del Departamento de Bioquímica y nombrado coordinador del mismo, ya que en época de Arturo Rosenblueth, ex Director General del Cinvestav (1961-1968) no existía la figura de jefe de Departamento.

Impulsó durante su gestión al frente del Cinvestav que se aprobara una política de descentralización del Centro, por lo que se inició la creación de unidades fuera del entonces Distrito Federal (ahora Ciudad de México), con la finalidad de ampliar la cobertura atendiendo necesidades regionales.

Gracias al Consejo Británico, que le patrocinó un viaje a una institución muy importante de biología marina que tienen los ingleses en la isla del Hombre,

Ortega promovió la creación de las Unidades Mérida e Irapuato, las primeras sedes del Cinvestav fuera del entonces Distrito Federal. En la imagen la Estación Marina en Yucatán

con el fin de estudiar las condiciones y los proyectos que desarrollaban, logró materializar su idea de desarrollar esta área de investigación. Así nace la Unidad Mérida en 1980.

Un año después, en 1981, se fundó la Unidad Irapuato, un proyecto que tenía en mente desde antes de ser nombrado Director General del Cinvestav. Manuel Ortega preparaba un sabático para estudiar los nuevos aspectos de la biología de las células vegetales, en la Universidad de Nueva York en Long Island, pero llegó su nombramiento, aunque no olvidó su idea de desarrollar un grupo de investigación que trabajara sobre aspectos agroalimentarios con un enfoque vanguardista y hacer investigación en plantas relacionado con la ingeniería genética.

De hecho, para reconocer su labor, la comunidad del Cinvestav Unidad Irapuato le realizó un homenaje en agosto de 2014 y nombró a su principal auditorio con el nombre de este gran científico.

Otro evento que cabe recordar fue lo ocurrido a finales de los 70, cuando la casa Bayer compró los Laboratorios Miles de México. El jefe de la Unidad de Investigación Farmacológica, el doctor Julián Villarreal y su equipo iban a quedar desprotegidos, por lo que Manuel Ortega, sin conocer al investigador, lo invitó a unirse a él y a su equipo al Cinvestav. Así logró rescatar al único grupo consolidado de farmacología médica en Mexico y conformó lo que hoy es el Departamento de Farmacobiología de la Institución.

Entre sus contribuciones hay que mencionar la creación de la revista del Cinvestav, *Avance y Perspectiva*, fundada en octubre de 1980, que marcó un hito en esa época, ya que fue una de las primeras revistas de divulgación científica del país.

Manuel Ortega pidió a Carlos Ramírez Villaseñor, del Departamento de Investigaciones Educativas y a un equipo de profesionales formado por Carlos Chimal, Juan Latapí Ortega y Arturo Piera, que diseñaran lo que sería el órgano de difusión del centro de posgrado más importante del país, con el propósito de informar a la sociedad de las investigaciones realizadas por los científicos del Cinvestav, pero también para servir como un órgano de vinculación entre la comunidad académica.

Además, el periodo del doctor Manuel Ortega como director fue sin duda la resucitación del Departamento de Química, que había llegado a un periodo de crisis y al número más pequeño de profesores de su historia. De 1979 a 1982, lapso en que se inició la renovación física de las instalaciones, de los servicios y de los ánimos, y en que se contrató al investigador Eusebio Juaristi Cosío, hoy profesor Emérito.

Manuel Ortega también fijó un término a la gestión del director y de los jefes de departamento de la Institución, ya que antes esos nombramientos eran a perpetuidad; también tomó la decisión de nombrar mujeres como jefas de departamento. La primera fue Rosalinda Contreras en Química y la segunda fue María de Ibarrola en Investigaciones Educativas.

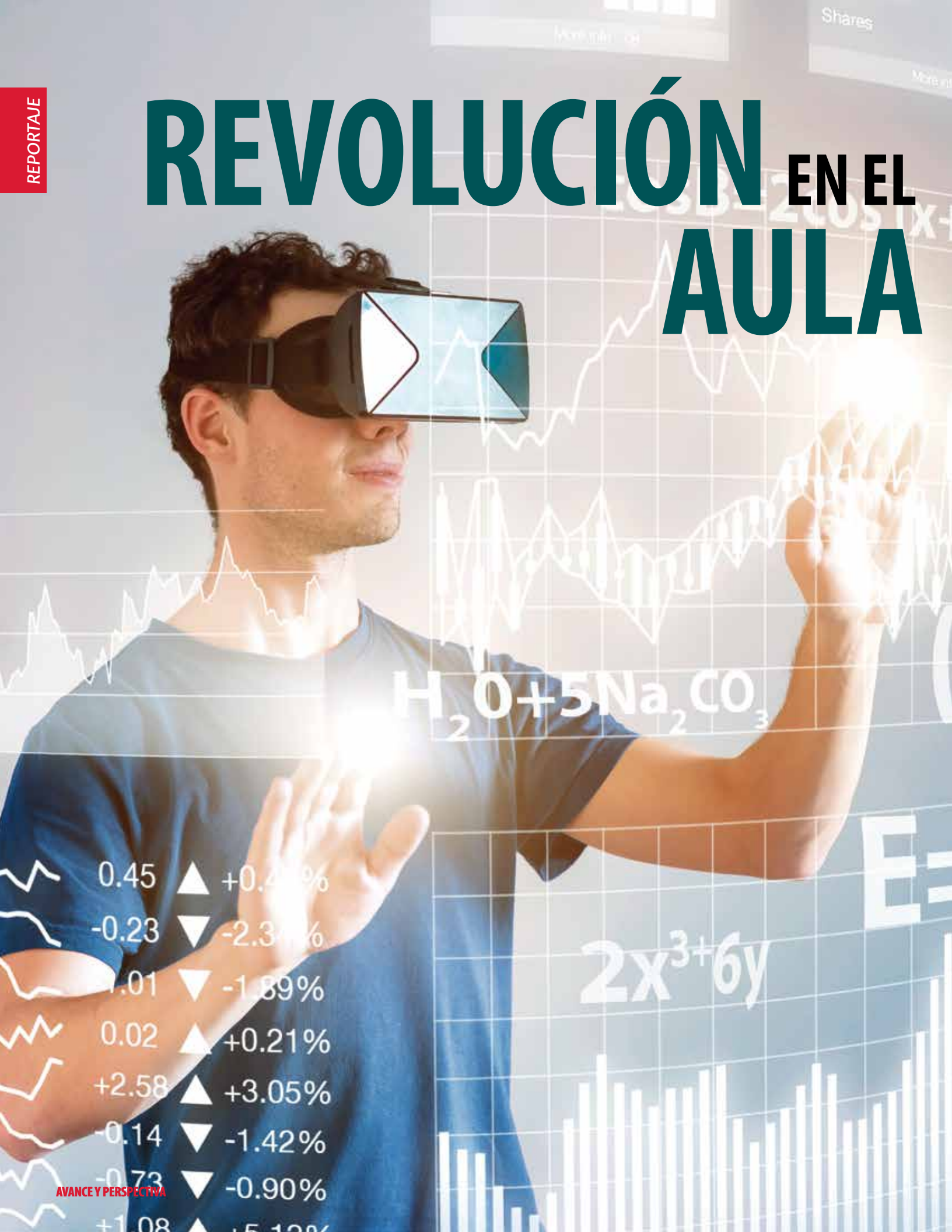
Durante su paso por la administración pública Manuel Ortega se desempeñó como Subsecretario de Educación e Investigación Tecnológica de la Secretaría de Educación Pública; fue asesor de la Comisión de Ciencia y Tecnología de la Cámara de Diputados; asesor del Director General de la Comisión Nacional de Libros de Texto Gratuitos y formó parte activa del Consejo Universitario de la Universidad Tecnológica en Línea.

De 1988 a 1990, periodo en el que ostentó el cargo de Director General del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, a invitación del ex Presidente Carlos Salinas de Gortari, Manuel Ortega impulsó cuatro puntos que consideró relevantes para el desarrollo de la institución:

Fortaleció el área de becas y duplicó el monto que se otorgaba a dichos apoyos; aumentó el número y el importe de las becas Fullbright-García Robles para apoyar a los estudiantes mexicanos que se encontraban realizando algún estudio o especialidad en Estados Unidos. Asimismo promovió la sistematización y digitalización de los procesos administrativos en Conacyt, ya que la mayoría de éstos aún se realizaban manualmente y ayudó al desarrollo de la ciencia y la tecnología por medio de la inversión de la iniciativa privada, motivando a los empresarios a construir sus propios laboratorios dentro de sus empresas.

(Luisa Miranda)

REVOLUCIÓN EN EL AULA



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

El mundo de *Warcraft* es uno de los primeros videojuegos de estrategia en tiempo real que permite que varios jugadores interactúen entre sí a través de una conexión de internet. Desde su lanzamiento en 1994, se han desarrollado siete versiones distintas y se estima que cuenta con más de 100 millones de usuarios alrededor del mundo.

Uno de sus asiduos jugadores es Jorge G., profesor de Historia en una secundaria pública, quien decidió llevar su afición por este videojuego al salón de clases para que sus alumnos pudieran adentrarse en esa materia, sólo que en lugar de orcos, gnomos y elfos, personajes en los que se basa la trama de *Warcraft*, los protagonistas eran ejércitos de imperios reales.

El ejercicio resultó alentador hasta que sus alumnos decidieron que sería más interesante que las tropas de Gengis Kan sitiaran Mayapán, la ciudad más importante del periodo posclásico de la cultura Maya, y que era muy aburrido pertenecer al ejército napoleónico si siempre perdía en Waterloo. Fue así como el experimento de emplear un videojuego popular para enseñar historia claudicó, al menos para Jorge G.

Según Juana María Sancho Gil, investigadora del Departamento de Didáctica y Organización Educativa de la Universidad de Barcelona, los actuales modelos educativos "no dialogan con el conocimiento cotidiano", y es por ello que los alumnos de las escuelas creen que lo visto en los salones de clase no aporta a sus actividades diarias, por lo que el fallido intento del profesor de secundaria tiene implicaciones más profundas.

Quizá el caso más significativo es el de las matemáticas, a las que les han adjudicado un alto porcentaje de la deserción escolar básica. Una situación que, según la experta de la Universidad de Barcelona, se debe a que como todo conocimiento, las matemáticas se crean con base en contextos donde las personas se plantean problemas y elaboran respuestas sobre éstos. Pero actualmente en las escuelas se suele quitar ese contexto y sólo se enseñan a partir de fórmulas y datos, que si bien pueden memorizarse, no ayudan a los estudiantes a construir nuevo conocimiento y, en consecuencia, suelen ver a esta materia como ajena a su realidad.

Por ello se han realizado diversos esfuerzos para mejorar la enseñanza de esta disciplina, desde incluir juegos didácticos hasta trucos de magia, pero a decir de María Teresa Rojano Ceballos, Investigadora Emérita del Cinvestav, adscrita al Departamento de Matemática Educativa, las tecnologías digitales pueden tener mejor fortuna.

"Las nuevas tecnologías brindan una oportunidad diferente respecto a aquellas viejas (como el televisor o la radio), porque permiten un acercamiento práctico y experimental de los usuarios al conocimiento, al trabajar con representaciones dinámicas de los conceptos y de los objetos matemáticos".

A través de herramientas creadas *ex profeso* para la enseñanza de las matemáticas, los estudiantes pueden trabajar con figuras tridimensionales y explorarlas, o emplear hojas de cálculo para resolver problemas de varias variables y poder visualizar procesos infinitos. Esos conceptos que antes sólo se estudiaban a nivel bachillerato o profesional, ahora pueden ser abordados por niños a partir de los 10 años de edad.

Se trata de un nuevo paradigma en la enseñanza que intenta construir conocimiento de una manera distinta, es decir, en lugar de trabajar con la representación inerte de un objeto matemático en el pizarrón, ahora existen programas con los que el conocimiento se construye de manera experimental y exploratoria, gracias a la posibilidad de la manipulación "casi" directa de representaciones dinámicas de los objetos matemáticos.

"Los experimentos realizados (en el Departamento de Matemática Educativa) demuestran que los jóvenes pueden trabajar con ideas muy sofisticadas en estos entornos, y lo mejor es que aprenden y lo disfrutan", señala.

Sin embargo, muchas de esas herramientas no han encontrado su camino hacia la escuela, ya que no se ha podido cerrar la brecha entre investigación y práctica. A decir de la Investigadora Emérita del Cinvestav, esto tiene que ver con la falta de capacitación adecuada del profesor, quien difícilmente dará un uso significativo a la tecnología en la enseñanza si él mismo no ha experimentado esa nueva manera de construir el conocimiento matemático.

De hecho, en casi todos los países hay una presencia muy tímida de esas herramientas en los programas curriculares, afirma Juan Carlos Tedesco, ex ministro de Educación de Argentina y ex director de la Oficina Internacional de Educación de la Unesco, quien añade que actualmente existe mucha evidencia empírica respecto a que el impacto de las tecnologías depende del modelo pedagógico en el cual se inserten.

“Los docentes son formados desde hace décadas en el marco de modelos de corte constructivista que luego no se aplican en el aula. Tenemos que trabajar sobre esta disociación y en este punto las tecnologías abren una nueva oportunidad, por su novedad, por las posibilidades de acceso y manejo de información. Sin embargo, el riesgo es creer que porque introducimos tecnología en las escuelas estamos resolviendo el problema del aprendizaje”, apunta Tedesco.

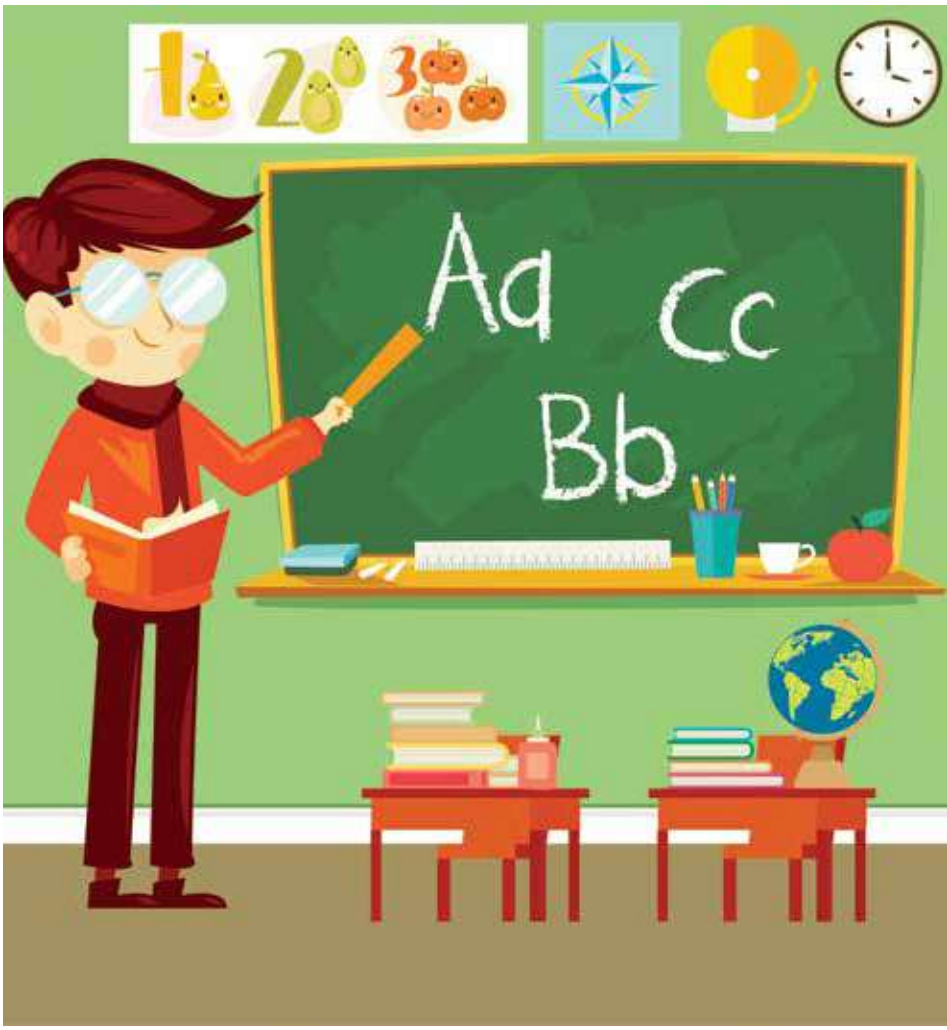
En ese sentido es que se han expresado voces que piden una verdadera revolución educativa desde sus cimientos, para adecuarse a las necesidades reales de una sociedad actual altamente tecnificada, donde el conocimiento no se adquiere de forma exclusiva en las escuelas.

Una de ellas es la de Carlos Ramírez Sámano, coordinador del Área Académica Tecnologías de Información y Modelos Alternativos de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), quien afirma que el uso de tecnologías digitales plantea nuevos términos y ambientes de trabajo en la educación, donde la inteligencia artificial, el aprendizaje invisible, la ubicuidad y la conectividad acompañan y transforman a los conceptos clásicos como los de educación, enseñanza y aprendizaje.

“Ahora estudiar significa realizar ejercicios y trabajos que me llevan a desarrollar ciertas competencias; enseñar es emplear el contenido básico para que el alumno aprenda a resolver e innovar, y esto debe enfocarse a las cosas que se requieren a lo largo de la vida”, señala el investigador de la UPN, quien también ha sido funcionario en la Secretaría de Educación Pública.

Esos nuevos significados atienden al vertiginoso cambio que la misma tecnología incide en distintos aspectos sociales, como en el ámbito laboral, donde los empleos menos remunerados son proporcionales al poco uso de nuevas herramientas tecnológicas, por lo que la discusión no debe pasar por el empleo o no de las tecnologías en la educación, sino en cómo valerse de ellas para pasar de una sociedad de la información a una basada en el conocimiento.

Además, las tecnologías digitales plantean un nuevo escenario en la educación, ya que en la actualidad existen opciones para hacerse de información desde cualquier parte. Un ejemplo son los llamados MOOCs, acrónimo en inglés de los cursos en línea masivos abiertos, que están dirigidos a un gran número de usuarios y que tan sólo en la década pasada vieron sus primeros registros, pero que actualmente existen en casi todos los idiomas y en temas muy diversos.



Los MOOCs son impartidos por diversos centros de estudio de todo el mundo y sus alumnos suelen ser personas que están en otros países e incluso en distintos continentes. Sin embargo, la mayoría utiliza modelos y programas de cursos y los adapta para ser presentados en línea, por lo que su objetivo está enfocado más en facilitar la enseñanza que en transformarla.

Para Ramírez Sámano, ese tipo de desarrollos tecnológicos le hacen creer que en el mediano plazo no habrá diferencia entre la educación a distancia y la presencial. Una idea que comparte con reservas Juan Carlos Tedesco, al mencionar que las tecnologías y sus productos han creado un nuevo contexto para el aprendizaje, donde la escuela ha dejado ser el único lugar para formar a las personas, por lo que ahora ésta debe interactuar con los nuevos entornos a partir de fortalecer su capacidad de enseñar aquello que los nuevos dispositivos no asumen: las alfabetizaciones y la formación básica. “Sin esto, lo que se conoce

El nuevo paradigma en la enseñanza es pasar de trabajar con un objeto inerte en el pizarrón a manipular representaciones dinámicas de éstos

como educación ubicua no puede tener un desarrollo efectivo", señala el experto argentino.

Pese a ello, existe cierta resistencia de la escuela como estructura y patrimonio del conocimiento para adoptar por completo la tecnología como herramienta de enseñanza. De acuerdo con Juana María Sancho Gil, el gran reto de la educación en la época digital es replantear el papel de la escuela como transmisor de conocimiento que dialogue con los saberes cotidianos.

En una investigación realizada por la experta de la Universidad de Barcelona a estudiantes de nivel básico se da cuenta de un alumno de éxito que reflexionaba: "voy a clase, atiendo, apunto, estudio, hago examen, apruebo y a los 15 días no me acuerdo de nada". Desde su óptica lo que le brinda la escuela no le ha ayudado a un conocimiento nuevo sobre su entorno, sobre sí mismo y a entender el mundo de una manera diferente. Al buscar esa información en la red es posible que encuentre datos basados en evidencias reales y fuentes con poca verosimilitud, lo que ha contribuido al neologismo de "posverdad", que se refiere a una opinión pública basada en creencias personales, muchas veces adquiridas por medios alternativos digitales.

En ese sentido, la escuela debe realizar una autocrítica y no repetir los errores del siglo pasado donde sólo figuraba como un repositorio y transmisor de datos, sino darle un nuevo sentido al aprendizaje que lleve a ver las cosas de manera diferente.

La investigadora de la Universidad de Barcelona, quien ha asesorado y analizado diversos modelos educativos, sobre todo en América Latina, refiere que a pesar de los grandes desarrollos de la tecnología digital, éstos aún no tienen una presencia importante en los sistemas educativos de la región debido a que representan un problema no sólo en el equipamientos de las aulas, sino también por su actualización y mantenimiento.

Incluso en países con economías desarrolladas es muy difícil que las escuelas puedan mantener actualizada su infraestructura tecnológica, por lo que no todas las fichas deben ponerse a la tecnología digital en las aulas, porque muchos de los alumnos cuentan con esos equipos en casa.

Al tema de infraestructura se suma lo que se ha identificado como el punto central del retraso de la incorporación de las tecnologías en la educación: la capacitación docente. A decir de Carlos Ramírez Sámano, la inclusión de las tecnologías a la educación no resuelve los huecos que el propio sistema ha generado, donde los maestros pretenden enseñar como lo han hecho durante los últimos 30 años.

"Para incorporar a los docentes en la enseñanza con tecnologías digitales no es necesario cursos para que sepan cómo funciona un dispositivo, porque las personas no pueden aprender a utilizar en su totalidad la máquina, sino que se requiere de una especialización en su tema y analicen cómo es posible incluir a las diferentes tecnologías en su aprendizaje", expone el investigador de la UPN.

Los especialistas coinciden en que el uso de las tecnologías digitales en la educación debe tener como premisa qué tipo de ciudadano se quiere formar y a partir de eso analizar los medios que necesita, aunque también hacen referencia a los casos de muchas escuelas básicas de Silicon Valley que plantean prescindir del uso de la tecnología en la escuela debido a que el entorno familiar está repleto de dispositivos electrónicos, y lo que se busca es dar una experiencia diferente en los centros educativos. Un debate que está abierto.

ARTÍCULO

APRENDER MATEMÁTICAS EN LA ERA DIGITAL

Ana Isabel Sacristán Rock
Departamento de Matemática Educativa
asacrist@cinvestav.mx

En esta era en la que las tecnologías digitales permean casi todos los aspectos de nuestra vida diaria, es impensable que éstas no se incorporen a la educación y tengan una presencia significativa en las aulas.

En mi caso llevo alrededor de 30 años investigando el uso de las tecnologías digitales en la educación matemática, antes incluso del surgimiento del internet y de la vida altamente digitalizada y virtualmente conectada que hoy en día llevamos. Mi interés se ha centrado en una visión pionera surgida hace casi 50 años: el paradigma del construccionismo, propuesto por el recientemente fallecido Seymour Papert, matemático, epistemólogo, colaborador de Jean Piaget y Marvin Minsky, además de profesor en el Media Lab del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT).

Una de las premisas de dicho paradigma es que, a través de la programación de las computadoras, se deben definir, expresar y compartir las ideas, por lo que dicha actividad facilita que los niños generen ideas poderosas (Papert, 1981); y en el caso de las matemáticas, las construyan en lugar de aprender acerca de ellas. De ahí surge, en 1967, el ambiente de programación computacional Logo —el primer software educativo—, derivado de LISP, pero accesible a los niños al incluir una interfaz gráfica donde se controla una "tortuga".

Entre 1985 y 1995, se realizaron muchos estudios experimentales prometedores de los potenciales de la programación con *Logo*; sin embargo, su implementación no es tan fácilmente compatible con los programas escolares. Su uso se abandonó a favor de software aparentemente más "moderno" o accesible, en una época en que las personas y escuelas se convirtieron en consumidores de tecnología, y la creatividad pasó a estar en segundo plano.

Así, el construccionismo y los potenciales educativos de la programación computacional fueron olvidados durante unos 25 años; curiosamente, ahora gozan de cierto resurgimiento con el movimiento del *coding*, así como de propuestas educativas como la del aprendizaje basado en proyectos (*Project-based learning*).

En las décadas posteriores al advenimiento de Logo, surgieron algunos tipos de software importantes para la educación matemática, tales como las hojas de cálculo (Excel); los sistemas algebraicos computacionales o CAS, por sus siglas en inglés (*Mathematica*, *Maple*, *Derive*, etcétera); y los ambientes de geometría dinámica o GD (*Cabrí-Geómetra*, *Sketchpad*, *Cinderella*, *Geogebra*, algunos de los cuáles también incorporan CAS). Se considera a las hojas de cálculo, a los CAS y los ambientes GD, como herramientas universales que pueden ser expresivas y abiertas, donde el usuario tiene el control de uso del software, tiene poder de expresión y puede construir representaciones o modelos de situaciones matemáticas (a diferencia de programas "prediseñados" que son cajas negras, cerradas).

En ese periodo también explotó el internet y con ello surgieron las tecnologías de la información y la comunicación (TICs), y la conectividad cambió nuestras formas de trabajo cotidiano (aunque en las aulas ha habido un rezago en esta área). Así mismo, los dispositivos móviles aportan posibilidades de movilidad y de empoderamiento individual, pero virtualmente conectado. Sin embargo, las TICs son sólo una parte de lo que ofrecen las tecnologías digitales; el término no transmite el pleno potencial de éstas, en particular aquel que permite la expresividad y creatividad de los usuarios. Empero, como ya se mencionó, en años recientes han resurgido

en diversos países el interés y apreciación por la programación computacional (o *coding*) y su importancia educativa.

Es el caso de *Scratch*, un ambiente de programación descendiente de *Logo*, que ha proliferado recientemente. Incluye una comunidad virtual, creativa y construccionista, donde a la fecha se han compartido en línea más de 22 millones de proyectos. *Scratch* ilustra los potenciales de la conectividad y creatividad a nivel global y multicultural; aunque hay quien considera que las facilidades multimedia a veces pueden ser distractores de los aspectos más matemáticos que eran más evidentes en ambientes como *Logo*.

Podemos resumir y categorizar los potenciales que aportan las tecnologías para cambiar las formas en que interactuamos con las matemáticas, en términos de (I) su poder y velocidad computacional; sus posibilidades de (II) visualización, de representaciones multimedia, y de (III) dinamismo (las representaciones no son estáticas, como en un libro de texto,

sino que pueden evolucionar y "moverse", como en la GD); (IV) el acceso a la información y a múltiples formas de comunicación, intercambio y conectividad; (V) la movilidad (a través de los dispositivos móviles); y la posibilidad de (VI) interacción con el usuario. Tal vez lo más importante, relacionado con lo último, es que las tecnologías digitales son (VII) medios de expresión y construcción (como se discutió arriba). En todo caso es importante estar consciente de que las infraestructuras de representación y comunicación de las tecnologías digitales tienen potenciales mucho más allá de lo que es de inmediato evidente. Y es en el cómo se utilizan las tecnologías digitales, que realmente se puede aprovechar su potencial para cambiar las formas de enseñanza y fomentar, o no, el aprendizaje significativo. Para ello es necesario pensar diferente, ya que éstas pueden modificar las formas de percibir las matemáticas. De hecho, Papert propuso que dedicáramos 10 por ciento de nuestro tiempo a considerar qué nuevos conocimientos matemáticos surgen a partir de las nuevas tecnologías.

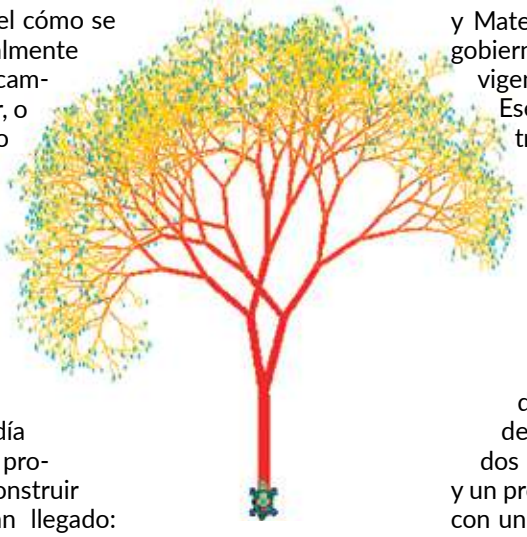


Figura tridimensional realizada utilizando el ambiente de programación computacional *Logo*

Seymour Papert también soñaba con el día en que todos los alumnos tuvieran su propia computadora para programarla y construir ideas. Tecnológicamente esos días han llegado: el poder computacional de un dispositivo celular como el que prácticamente cada alumno tiene actualmente supera el que tenía un servidor como el que llevó a los astronautas a la luna en 1969. Sin embargo, la visión del potencial educativo de esas tecnologías dista mucho de lo que ha sucedido.

¿Cómo tienden a utilizarse las tecnologías digitales en las aulas de matemáticas? En una encuesta realizada en 2006 en América Latina, se observó que las herramientas digitales que más se utilizaban en todos los niveles educativos (desde primaria hasta universidad) para clases de matemáticas (si es que se usaba alguna) eran procesadores de texto (Word, LaTex, PDF), seguidos de software de presentación (Powerpoint).

Estudios más recientes en México han mostrado que los usos más frecuentes de tecnologías digitales en las aulas de matemáticas son para presentación o información: Powerpoint, videos, páginas de Internet. A esto le siguen la construcción de gráficas de funciones y el uso de *applets* interactivos. Así, el uso predominante en las escuelas de las tecnologías digitales, cuando se llegan a utilizar, tiende a ser para visualización, cálculos y verificación de resultados, en el mejor de los casos; o simplemente para información y comunicación. El uso de hojas de cálculo, de geometría dinámica y de CAS continúa siendo escaso, con una creciente brecha digital entre maestros y alumnos. No se utiliza casi software que pueda ser usado para exploraciones o expresión. Más aún, las actividades digitales muchas veces están desintegradas del conocimiento que se aborda en clase normal y casi siempre tienden a ser el mismo tipo de actividades que aquellas que se podrían realizar sin tecnologías digitales. Lo anterior, pese a que en México han habido diversos intentos por integrar las tecnologías digitales a las aulas, es el caso de Enciclomedia o Habilidades Digitales para Todos.

Seymour Papert

De lo anterior, un programa digno de mención fue el de ECIT-EMAT (Enseñanza de las Ciencias y Matemáticas con Tecnología), impulsado por el gobierno federal de 1997 a 2006 y que aún sigue vigente en el estado de Hidalgo como EMACyT. Ese programa intentó seguir las ideas construccionistas de Papert, tratando de fomentar un espíritu de exploración, descubrimiento y expresión de ideas matemáticas, combinado con un currículo tradicional en entornos institucionales. Para ello, EMAT proponía herramientas universales, expresivas y abiertas (hoja de cálculo, geometría dinámica, CAS en calculadoras graficadoras y Logo, entre otras); un modelo pedagógico de trabajo centrado en el alumno; conjuntos de actividades y hojas de trabajo desarrollados por expertos nacionales e internacionales; y un programa de adopción "escalado", empezando con un puñado de escuelas experimentales con la idea de poco a poco irlo expandiendo a nivel nacional (algo que no sucedió). Fue un programa alabado por la comunidad de investigadores internacionales; a pesar de ello, su impacto no fue el esperado, en gran parte por dificultades comunes a muchos de los intentos de integración de las tecnologías digitales a la educación, pues para que ésta sea significativa, se requieren cambios profundos en la concepción educativa y en las estructuras escolares. En el programa EMAT, además de múltiples e imprevisibles obstáculos técnicos y administrativos, se observó que a los maestros e instituciones les cuesta mucho trabajo y tiempo cambiar sus formas de prácticas docentes, teniendo dificultades para integrar las actividades propuestas a los requisitos curriculares e institucionales.

El reto es entonces —para poder aprovechar el potencial de las tecnologías digitales, poder integrarlas adecuadamente en el sistema educativo y, por ende, para poder tener un impacto significativo en el aprendizaje de los alumnos— que se replanteen y modifiquen las prácticas, procesos y estructuras de enseñanza-aprendizaje, con un alto énfasis en el desarrollo profesional de los maestros, dándoles tiempo y apoyo técnico, conceptual y pedagógico para su adaptación.

Referencia

Papert, S., 1981, *Desafío a la mente: computadoras y educación*. Buenos Aires: Editorial Galápago.

INÉS DUSSEL

"TECNOLOGÍA CON SENTIDO EDUCATIVO"

En enero de 2017, los ministros de educación de América Latina y el Caribe, así como representantes de organizaciones civiles interesadas en el tema se reunieron en la ciudad de Buenos Aires, Argentina, para analizar los avances de la región sobre el cuarto Objetivo de Desarrollo Sustentable establecido por la Organización de las Naciones Unidas, el cual pretende garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad en todo el mundo para 2030.

Entre los compromisos a los que llegaron en la reunión destacó el esfuerzo por "enriquecer los currículos, las prácticas y contenidos de los sistemas educativos a fin de mejorar las habilidades del siglo XXI, teniendo en mente las necesidades y deseos de los jóvenes de la región. También la formulación de políticas curriculares a través de un enfoque interdisciplinario y holístico, centrado en el aprendizaje activo, contextualizado, transferible y autónomo, con prácticas pedagógicas inclusivas y transformadoras, que consideren vínculos con las dimensiones de la vida, maximicen el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación e incluyan temas relevantes de la sociedad global, interconectada y digital", según refiere el acuerdo 13 del documento Declaración de Buenos Aires (UNESCO 2017).

Esa no es la primera vez que se plantea el uso de las nuevas tecnologías para promover una educación de calidad e incluyente. En 1924 la BBC realizó sus primeros programas educativos en la radio; en México la experiencia más exitosa ha sido el programa de Telesecundaria, lanzado en 1968 y que continúa hasta la fecha. Sin embargo, las nuevas tecnologías digitales plantean un panorama más amplio, ya que es la primera vez que los aparatos no sólo nos acompañan a casi cualquier lado, sino que nos hacen interactuar y amplían las conexiones para el conocimiento.

El planteamiento del uso de las nuevas tecnologías en la educación es analizado por investigadores de todo el mundo. Uno de ellos es Inés Dussel, experta del Departamento de Investigaciones Educativas del Cinvestav, quien ha trabajado sobre el tema y su impacto en la generación de conocimiento a lo largo y ancho de América Latina.

¿Cuáles de las nuevas tecnologías pueden ser empleadas en la educación?

En un sentido amplio, todas pueden tener un aspecto educativo, así que es difícil decir aisladamente cuáles sirven para la educación y cuáles no. Por ejemplo, sería mentira decir que no aprendemos cuando jugamos videojuegos, pero el problema

es qué aprendemos. Si bien hay software y aplicaciones específicamente educativas, otros medios digitales que no fueron pensados en ese sentido, también nos educan. Las redes sociales hoy son grandes arenas donde las nuevas generaciones se están formando. Por eso creo que es importante que las escuelas involucren a los medios digitales en su currículum y en sus pedagogías.

¿Pero qué pueden ofrecer estas nuevas tecnologías que no hayan prometido otras, como es el caso de la radio, la televisión o las computadoras?

El gran cambio que ofrecen las nuevas tecnologías o los medios no es tanto la interactividad, porque todo texto o producto cultural involucra una interacción, sino la digitalización de los distintos lenguajes (texto, imagen, sonido). Otro cambio importante es que son "portables, pedestres y personales", como dice Mizuko Ito. El celular y las tabletas han sido una gran ruptura porque vienen con nosotros a todos lados. Podría decirse que antes los niños traían la televisión a la escuela en los juegos, sus lenguajes e identidades, pero la presencia de los medios digitales en las aulas es mayor en cantidad y calidad. Un tercer cambio notable es que los dispositivos actuales son soportes para la escritura, no sólo verbal sino con imágenes y sonidos. Nuestros alumnos en clase toman notas, ven o crean videos, se conectan a redes de conocimiento que encuentran en internet, y pueden estar oyéndonos mientras miran su Facebook o el *whatsapp*, lo cual plantea nuevos desafíos para la atención y los aprendizajes.

Esto pasa en diferentes niveles educativos, desde primario hasta terciario. Uno de los usos más extendidos en el aula en todos los niveles es la búsqueda de información, pero hay poca reflexión sobre lo que implica en términos del conocimiento. Hay que tener en cuenta que el motor de búsqueda más usado, Google, se organiza a partir de un algoritmo muy complejo que privilegia la popularidad de un contenido, y por eso lo primero que se encuentra no es necesariamente la respuesta verdadera o validada científicamente, sino la más visitada por los usuarios. Esto se conecta con el fenómeno que hoy se conoce como "posverdad", que pone en evidencia que lo que más cuenta es lo popular, bonito o llamativo, no lo verdadero. Creo que como sociedad tenemos un problema con esta nueva condición de la verdad y el conocimiento, y el sistema educativo debe tomar esta cuestión muy en serio.

Mencionó que las nuevas tecnologías ayudan en todos los niveles educativos, ¿cómo se da esto?

Creo que pueden ayudar si tenemos buenas estrategias pedagógicas. Es innegable que impactan en todas las edades y generaciones; en un momento se pensaba que sólo impacta en los niños, lo cual no es cierto. Las nuevas tecnologías están permeando toda nuestra vida y eso no se restringe a la infancia.

El modelo de Telesecundaria, una forma de usar la tecnología para llevar la educación a jóvenes de comunidades rurales pequeñas o alejadas de los centros urbanos

A nivel universitario y posgrado, la digitalización y la conexión global cambian las formas de producir, acceder o apropiarse del conocimiento. Pensemos en lo que está pasando en los laboratorios con la digitalización de los registros, en algunos casos la automatización de muchos procesos o en las ciencias sociales cómo la digitalización cambió la forma de producir textos o hacer investigación, el acceso a repositorios globales o a datos masivos (*big data*), así como poder nutrirlos y compartirlos en redes académicas muy amplias.

En el otro extremo, a nivel preescolar, muchos niños, dependiendo del nivel socioeconómico, están muy conectados antes de entrar a la escuela. Sería bueno que el currículum escolar considere lo que ya saben y hacen los niños, o lo enriquezca. Hay por ejemplo aplicaciones muy interesantes para crear historias o aprender matemáticas; pero otros videojuegos son muy básicos y repetitivos, muy tradicionales en términos de género (las niñas visten muñecas, cocinan, los varones hacen deportes y construyen), así que considero que son poco interesantes educativamente. Es necesario mirar experiencias internacionales valiosas; por ejemplo en Inglaterra, donde hay una tradición de enseñanza sobre los medios, hay unidades curriculares que promueven que los adolescentes analicen su videojuego favorito desde su producción (empresa o grupo de diseño), que describan sus ventajas y desventajas, y que lo presenten a otros. Todo eso implica una postura reflexiva sobre esa práctica, una movilización de saberes más complejos y más rigurosos, que me parece que es lo que la escuela debe promover.

¿Pero qué hacer con la brecha generacional que actualmente existe entre maestros y alumnos?

Fotografía: Dirección General de Televisión Educativa

La cuestión de la brecha generacional no es homogénea. No estoy de acuerdo con la categorización de los niños y adolescentes como nativos digitales, que supone que todos los jóvenes lo son, porque nacieron en esta época. Cualquier docente que trabaja con niños ve que algunos se manejan fluidamente con la tecnología y otros que no. Aquí pesa mucho la desigualdad social y económica, el grado de acceso a los dispositivos y las reglas de uso en las casas.

Con la metáfora de nativos digitales parece que los jóvenes ya saben todo y que los docentes no tenemos nada que hacer, pero es un gran equívoco. Hay un saber disciplinario y una experiencia vital en los adultos que es valiosa; además tengamos en cuenta que hay muchos maestros jóvenes que hacen usos parecidos a los de sus alumnos, por ejemplo con los videojuegos.

¿Son las escuelas el mejor lugar para aprender a través de las nuevas tecnologías?

Es una pregunta compleja. Hay una discusión actual sobre si las escuelas son el mejor lugar para aprender cualquier conocimiento, pero eso excede a los medios digitales. Creo que las nuevas tecnologías deben tener una presencia relevante en las escuelas, tal como la tienen en la sociedad. No incluirlas es no tomar en cuenta lo que sucede afuera, es dar menos de lo que hoy está disponible en esta época. Pero no tengo dudas que las escuelas tienen que enseñar modos de usar esos medios más desafiantes intelectualmente, y también introducir preguntas éticas y políticas sobre esos usos.

Por otro lado, las escuelas como ámbitos específicos de enseñanza o aprendizaje son importantes; ahí aprendemos muchas cosas que pasan por convivir con otros, aprender otras perspectivas menos familiares o intuitivas, trabajar con lenguajes más complejos y formas de indagación más rigurosas. Mucho de eso no se reemplaza con una plataforma ni con una enseñanza en el hogar, porque se necesitan secuencias didácticas, figuras docentes formadas e interesadas en promover ese vínculo con el conocimiento y el lenguaje. También hace falta un tiempo, un espacio que permita una cierta duración y una forma de intercambio diferente a la rapidez e inmediatez de las redes sociales. Por eso creo que las escuelas siguen siendo muy valiosas e importantes como instituciones sociales.

¿Cómo medir el impacto de las nuevas tecnologías en educación?

Hay mucho debate al respecto, y creo que esa medición tiene que tomar en cuenta el largo plazo. Lo que se ve en pruebas como PISA es que no les va mejor a los alumnos que están expuestos a las tecnologías que a quienes no tienen tanto acceso. Pero quizá lo que se mide en esas pruebas no es lo que se aprende con las tecnologías.

Algunos creen que hay que modificar las pruebas, y otros que hay que cambiar el currículum para que se alinee con lo que enseñan los medios digitales, pero habría que plantear algunas preguntas previas. ¿Qué queremos que enseñen las escuelas, pensando en plazos más largos? ¿Se refleja en las pruebas? ¿Todo pasa por que sepan usar las tecnologías, y qué quiere decir saber usarlas? Pongo un ejemplo: en los medios digitales se impone cada vez un lenguaje de tipo publicitario, de alto impacto emocional, de eslóganes. ¿Qué pasa con los argumentos y la reflexión en ese contexto? Vuelvo a lo de la "posverdad" y veo con preocupación que hoy en la política mundial predomina a veces una afectividad muy primaria. Creo muy importante que la escuela se preocupe por fomentar formas de pensamiento críticas y complejas que contrarresten esta tendencia.

Para todo lo que se ha comentado, ¿existen políticas públicas adecuadas que respalden el uso de las nuevas tecnologías en la educación?

Hay políticas para la apropiación de las tecnologías digitales en la educación, pero en muchos casos se han ocupado básicamente de dotar de equipamiento. Lo fundamental es facilitar el acceso a los sectores más pobres para que haya procesos genuinos de inclusión digital. Pero hay que acompañar la distribución de equipamiento con políticas de formación docente, curriculares y pedagógicas, que promuevan usos más críticos de los medios y que propongan operaciones con los textos, las imágenes y los sonidos (la música, los audios) de mayor riqueza y creatividad. Ahí nuestros países necesitan hacer mucho más que lo que hoy están haciendo.

(Héctor de la Peña)

AUMENTAN

Alberto Beltrán Herrera
Departamento de Computación
abeltran@computacion.cs.cinvestav.mx

El término realidad aumentada (RA) ha entrado con fuerza al lenguaje popular en el último año gracias a videojuegos que, haciendo uso de esta tecnología, logran enamorar al público. Sin embargo, su potencial supera al entretenimiento, siendo muchos los campos del conocimiento que encuentran en ella una herramienta con la cual mejorar sus resultados; es el caso de la educación, una de las áreas que más sorpresas ha entregado a la comunidad de investigadores.

Formalmente esta tecnología es una técnica que mezcla información visual del mundo real con la del virtual en tiempo real, permitiendo que esta nueva información agregada a los elementos del

‘LA REALIDAD’

primero, sea interactiva ante el usuario. De forma más coloquial, la RA permite observar el mundo real, añadiendo ciertos elementos como modelos 3D, animaciones o videos que son visibles utilizando dispositivos como tabletas, teléfonos inteligentes o lentes especiales. Los elementos agregados están asociados a objetos del mundo real como impresos, juguetes o lugares, lo que permite que los dispositivos muestren el contenido virtual únicamente al reconocer estos objetos mediante técnicas de visión por computadora, reconocimiento de patrones y el uso del GPS. El resultado de esta fusión se presenta generalmente en una pantalla o en una proyección, lo que da la ilusión de que nuestro dispositivo nos muestra una parte oculta de la realidad, además, al interactuar con la pantalla o al reconocer interacción mediante las cámaras, los objetos darán una respuesta sensorial (generalmente visual o auditiva), lo que ayuda a obtener una experiencia inmersiva en los usuarios.

Imágenes: Kuruchu

Como tecnología, la RA no es nueva, pues desde 1997 Ronald Azuma ya hablaba del concepto; sin embargo, el poder de procesamiento y el costo del hardware hacían que su comercialización fuera imposible. Esto cambiaría a partir de 2005, al salir al mercado los primeros teléfonos inteligentes con suficiente capacidad de procesamiento gráfico para adquirir datos por la cámara, procesarlos y luego presentar una mezcla del mundo real y el virtual en la pantalla, respondiendo de forma rápida a las acciones del usuario sobre los objetos virtuales. Esta revolución impulsó la creación de las primeras compañías y *frameworks* de realidad aumentada como Wikitude y ARToolkit. Para 2009 ya se hablaba del inicio de este *boom*, con lo que surgieron las primeras aplicaciones comerciales masivas, principalmente enfocadas al marketing y el entretenimiento, donde demostró su potencial ante los usuarios.

Durante esta etapa temprana se descubre su potencial en otras áreas, gracias a los datos tomados de las aplicaciones de marketing y juegos, donde se evaluaba la experiencia de usuario, la retención de la información a corto y largo plazo, así como la capacidad de respuesta. Basados en estas observaciones surge el *augmented learning* (aprendizaje aumentado), que implica el uso de la realidad aumentada como herramienta en la enseñanza.

Estudios alrededor del mundo demostraron la capacidad de la RA como una herramienta educativa (*The Potential of Augmented Reality in Education: A review of Previous Research*, 2015),

La RA mejora el nivel de interactividad con la información, por lo que se pueden explorar los objetos desde todas las perspectivas posibles

al permitir aprovechar diferentes tipos de inteligencia como la espacial, la kinestésica y la lógico-matemática; además se pasaba de un esquema pasivo de aprendizaje a uno activo, donde el estudiante lo utilizaba por descubrimiento, aprovechando la curiosidad nata de los más jóvenes para explorar contenido aumentado incrustado en libros, carteles o hasta en las mismas paredes del salón de clases. Al hacer uso de un dispositivo móvil, los estudiantes podían pasar de una fotografía de un jaguar en su libro de texto a obtener una animación 3D de éste y observar su comportamiento en su medio ambiente, interactuando con él para ver sus reacciones, así mismo, transformar los carteles de su salón de clases videos interactivos con lo que se llenaban de mucha más información y se despertaba su interés.

Los resultados de experimentos con grupos de control y estudiantes que usaban realidad aumentada eran notablemente superiores en estos últimos. Aunado a las razones antes expuestas, los investigadores encontraron que esta mejora recaía en la capacidad de refuerzo; es decir, los estudiantes aprendían un tema en su libro de texto, después posicionaban su dispositivo móvil frente a la página recién estudiada y obtenían mucha más información (*Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education*, 2013).

En 2014, escuelas con el sistema Montessori en Estados Unidos implementaban realidad aumentada como parte de sus clases diarias. En ese mismo año Disney comercializa aplicaciones de *augmented learning* en Android e IOS. México no tardó en adoptar estas tecnologías, pues para 2015 diferentes museos comenzaron a mostrar exposiciones de este tipo.

En ese año la RA ganó terreno sobre otras tecnologías educativas. Su presencia se ve enriquecida por la retroalimentación de la comunidad y nuevas aplicaciones aparecen rápidamente en el mercado ya no sólo como herramientas de investigación, llegan como productos comerciales a gran escala. Si inicialmente se podía pensar que la realidad virtual era el contrincante a vencer, su mismo peso la hizo caer, pues los altos costos que significaban la contratación de un sistema así, provocó que los centros educativos voltearan a ver otras opciones. La facilidad que presentaba la RA para poder ser reproducida por diferentes medios electrónicos (principalmente *smartphones* y tabletas), ayudó a que esta tecnología fuera la preferida por la comunidad. Los estudiantes podían utilizar sus propios dispositivos móviles como unidades de visualización y procesamiento, lo que abaratаba costos.

La inclusión de formas tridimensionales dentro de las aplicaciones de realidad aumentada fue uno de los secretos tras el éxito de esta tecnología en el ámbito educativo, ya que estos traían consigo beneficios en la economía, seguridad y alcance. Imaginemos por ejemplo que una lección pide realizar un experimento algo complicado, el profesor deberá evaluar el costo de los materiales, la facilidad para conseguirlos y el riesgo de manejarlos; si a su criterio uno de los tres factores no resulta favorable, probablemente opte por no hacerlo. Gracias al empleo de RA, es más viable realizar la práctica, pues todo el material utilizado será reemplazado por modelos 3D, lo que permite a los niños y jóvenes realizar un trabajo sin necesidad de invertir dinero o exponerse, interactuando de la misma manera que lo harían con los objetos reales y obteniendo una experiencia educativa similar.

Lo anterior de ninguna forma afirma que la realidad aumentada pueda sustituir a las experiencias reales, los modos tradicionales de aprendizaje o la interacción con el mundo, de hecho, se convierte más en un complemento, una herramienta tecnológica que ayuda en la actividad educativa diaria, pues a través de modelos tridimensionales

y elementos multimedia, los más jóvenes pueden conocer experiencias, objetos y entes, que de otra forma sería muy difícil que lo hicieran.

La más reciente mejora, conocida como realidad mixta, llego de la mano de los nuevos dispositivos de realidad aumentada, los llamados *Smart Glass*; lentes que permiten al usuario experimentar, pero sin tener que sostener un dispositivo en sus manos, porque los gráficos son directamente dibujados (o proyectados) en las micas de los lentes. Gracias a esta tecnología, la manipulación de material 3D se vuelve más natural e inmersiva, ya que ahora los usuarios ven completamente cubierto su campo visual con un mundo que mezcla lo real y lo virtual. El poder de cómputo de estas tecnologías permite que los elementos visualizados tengan mejor camuflaje con el ambiente y sean más realistas, como es el caso de los *HoloLens* de Microsoft, mientras versiones más accesibles han sido desarrolladas por Google, como es el caso de los Google *Cardboards*.

La realidad mixta mezcla las características de la RA, como la visualización y manipulación de objetos reales, con los atributos inmersivos de la realidad virtual, obteniendo resultados sobresalientes al momento de manipular figuras tridimensionales ajenas a la realidad, como lo demostró el proyecto Peer[1] donde los estudiantes son capaces de tener una experiencia educativa en la que el material proporcionado para cualquier actividad, adquiere un carácter virtual, pues se pueden obtener datos virtuales de cualquier experimento con sólo fijar la vista en él.

Aún es pronto para analizar los resultados de la realidad mixta en la educación, pero su fácil manipulación de elementos 3D y su capacidad inmersiva, nos dan una pista acerca de la excelente herramienta educativa que puede llegar a ser.

Tanto la RA como su más reciente vertiente, la realidad mixta, han encontrado campo fértil en la educación, si bien hoy en día aún se habla de la primera, como una tecnología emergente, se prevé que en los próximos años pase a ser una parte primordial de los salones de clases de todo el mundo.

Referencia

[1] https://medium.com/momentary-exploration/peer-a-mixed-reality-educational-experience-1c2426697109#.a9lcjg7j0

GOBIERNO MODELO

Luisa Miranda Barbotó
Subdirección de Intercambio Académico
mmiranda@cinvestav.mx

Interesado en el estudio de la acción colectiva, Lane Fargher, investigador del Departamento de Ecología Humana del Cinvestav Unidad Mérida, encontró que el estado de Tlaxcala era un lugar con alta colectividad, una República, antes de la llegada de los españoles. Esa forma de organización fue necesaria para repeler al ejército del imperio de la Triple Alianza (Tenochtitlán, Texcoco y Tlacopan), y así mantener su independencia y libertad.

Para este proyecto el investigador recolectó datos históricos, políticos, arqueológicos, demográficos, económicos, domésticos y arquitectónicos.

La investigación comenzó a finales de 2006 con el mapeo arqueológico de la ciudad prehispánica y de 2015 a la fecha se han realizado las excavaciones.

De acuerdo con Lane Fargher, la antigua Tlaxcallan, una ciudad mesoamericana que ha estudiado buscando entender su funcionamiento, era una sociedad sin nepotismos, donde el sistema político funcionaba y en la que las diferencias en las condiciones de vida de la gente común y la clase gobernante, eran mínimas.

Fundada alrededor del año 1250 y ubicada cerca de la capital del estado de Tlaxcala, esta zona arqueológica de casi 450 hectáreas muestra —gracias al mapeo de su diseño urbano, el estudio de documentos coloniales y del análisis de patrones comparativos con otras civilizaciones—, que era una sociedad altamente cooperativa, dice Fargher.

Fotografía: Terraza El fuerte Tepeticpac, Iziar Martínez

Se puede decir que Tlaxcallan, en términos estrictamente científicos, era lo que hoy se conoce como una República. El poder supremo estaba concentrado en un consejo gobernante de entre 50 y 250 miembros, quienes accedieron a esa posición a través del mérito por servicio al Estado y colectivamente construyeron las políticas que los gobernaban. La acción de heredar el poder era mínima, ya que había un verdadero interés por servir, señala el también doctor en antropología por la Universidad de Wisconsin-Madison.

Para convertirse en integrantes del gobierno, los candidatos tenían que someterse a duras pruebas, por ejemplo, acudir a la plaza pública y desnudarse para ser abucheados y golpeados por la multitud. Si pasaban a la segunda fase, debían permanecer hasta dos años en un templo, donde bajo la instrucción de los sacerdotes, aprendían el código moral y legal del Estado, de acuerdo con narraciones de Fray Motolinia y de cronistas como Diego Muñoz Camargo.

Cada integrante del gobierno tenía la responsabilidad de administrar una subdivisión del Estado al que llamaban Teccalli, donde vivían grupos de personas. Ellos se encargaban de los servicios públicos, recolectar impuestos, mantener la seguridad, entre otras actividades. A su vez cada gobernante elegía a otros funcionarios para asistirles, dependiendo el tamaño y complejidad de su Teccalli. La ciudad de Tlaxcallan, considerada el asentamiento más grande del estado del mismo nombre, estaba dividida en tres distritos, éstos a su vez en 20 barrios, y en cada uno había entre mil o 2 mil personas.

“Hasta el momento han excavado terrazas en tres distritos de la ciudad para estudiar zonas residenciales. Han encontrado que las terrazas eran domésticas y tienen casas (estructuras con techos), así como áreas abiertas que eran más accesibles. En la del distrito de Quiahuiztlán, las estructuras son diferentes y se siguen analizando los artefactos y otros para determinar su función”.

Para Lane Fargher, la organización de los tlaxcaltecas les permitió repeler al imperio de la Triple Alianza, porque las culturas vecinas no organizadas de manera colectiva cayeron ante los aztecas.

Otro aspecto es la religión, los templos estaban dedicados al dios Tezcatlipoca, asociado con el mérito y la igualdad. Para ellos las personas tenían un valor por sus acciones, y no por ostentar un rango o por herencia. Así, mientras que los tlaxcaltecas veneraban a este dios, la nobleza azteca le tenía miedo, ya que pensaban que iba a llegar a quitarles toda su riqueza y poder, señala el experto.

Para el científico del Cinvestav Unidad Mérida, estudiar este tipo de culturas prehispánicas permite recordar que hay alternativas para la organización, por ejemplo, que se puede lograr el beneficio de la gente, a través de la colectividad. Los procesos de cooperación darían más capacidad de construir mejores sociedades. Los tlaxcaltecas implementaron estrategias de control para la corrupción, sistemas de seguridad y la amplia provisión de bienes y servicios públicos (sin tener las tecnologías de hoy en día), eliminando el paternalismo.

Fotografía: Ricardo Antorcha

Entierro encontrado en la zona habitacional dentro del sitio arqueológico de Quiahuiztlán

De hecho, en México lo más similar a Tlaxcallan sería Teotihuacán, ya que su paisaje urbano indica que era una sociedad bastante colectiva, aunque no tanto como Tlaxcala, que sin duda era más igualitaria. Sin embargo, Teotihuacán tiene una historia que los investigadores aún no definen. Por años se ha buscado la tumba de algún rey, ya que se considera que una sociedad tan compleja y grande no podría haber sido organizada y gobernada más que por un gobernante, pero después de cien años no se ha logrado encontrar una tumba como tal o un palacio real, por lo que los modelos arqueológicos actuales fallan para explicar su funcionamiento.

Lane Fargher continuará con las excavaciones este verano junto a sus colegas Richard Blanton, de la Universidad de Purdue, en Indiana; Verenice Heredia Espinoza, del Colegio de Michoacán; John K. Millhauser, de la Universidad Estatal de Carolina del Norte; Robert A. Cook, de la Universidad Estatal de Ohio, y Aurelio López Corral, del Centro INAH-Tlaxcala para así concluir la primera fase de estudio en las áreas residenciales. También espera involucrar a los estudiantes de posgrado del Cinvestav Unidad Mérida en el proyecto, para que generen sus propias investigaciones y tesis.

“Me interesa empezar a trabajar en la periferia de la ciudad, hacer prospecciones regionales y empezar a excavar algunos asentamientos pequeños para compararlos con los del centro urbano, en términos de establecer la descripción de estilos arquitectónico, artefactos y riqueza entre la población urbana y rural”, concluye el investigador.

ARRECIFES

El turismo y el desarrollo costero son actividades que afectan al Sistema Arrecifal Mesoamericano

La transición de un sistema coralino a uno cubierto de algas ha sido documentada a menudo en todo el mundo. Este fenómeno ha motivado la implementación de restricciones y regulación de la pesca como respuesta para el manejo sustentable de los arrecifes.

Un estudio encabezado por Jesús Ernesto Arias González, del Cinvestav Unidad Mérida, señala que la eutrofización, es decir, el enriquecimiento de nutrientes, al igual que la sedimentación, son otros factores importantes relacionados con cambios en ese tipo de ecosistemas, dado que estimulan el crecimiento de algas y afectan negativamente a los corales, respectivamente.

De acuerdo con la investigación publicada recientemente en la revista *PLOS ONE*, esta situación se ejemplifica en los arrecifes de coral de Mahahual en México, donde el proceso de incremento de algas ocurrió en 14 años, tiempo en el que no hubo cambios significativos en las especies de herbívoros, pero sí un considerable desarrollo de infraestructura turística.

Nuestros resultados, explica el investigador, indican que el desarrollo costero puede comprometer la capacidad de regeneración de los arrecifes de coral, por lo que el manejo de cuencas y zonas costeras junto con el mantenimiento de niveles funcionales de peces, son fundamentales para la persistencia de los arrecifes de coral en Mesoamérica.

La sobrepesca en herbívoros ha sido identificada como la principal causa del cambio de fase en los arrecifes coralinos del mundo, lo que ha promovido el establecimiento de áreas marinas protegidas o refugios pesqueros y la protección de peces herbívoros, por ejemplo, especies de escáridos, para preservar la resiliencia (o capacidad de recuperar su estado inicial) de los arrecifes coralinos.

El estudio empírico mostró que el cambio de fase se dio sin la disminución en la abundancia de peces herbívoros, que indica un impacto negativo de los nutrientes y/o sedimentos producidos por el desarrollo costero muy cercano al arrecife. Esto es coincidente a nivel local y de meso-escala en Quintana Roo, y a gran escala en el arrecife Mesoamericano donde no se ha observado variación en la abundancia de los peces herbívoros con los cambios de fase.

Ubicación

AMENAZADOS

Los análisis científicos indican que es difícil revertir la transición y desplazamiento de fase de los arrecifes para lograr la recuperación de los corales, porque el restablecimiento de un arrecife dominado por algas, debido a condiciones ambientales (incluyendo los niveles de herbívoros) y cobertura de coral, puede ser insuficiente para permitir su reintegración.

Los efectos del turismo y el crecimiento urbano sobre los arrecifes de coral a lo largo de la costa de Quintana Roo son cada vez más reconocidos, la infraestructura turística reciente de la Costa Maya representa un desarrollo incontrolado, lo cual es una amenaza para la persistencia de la cubierta coralina a lo largo de la costa caribeña mexicana.

El uso no regulado de la tierra y el inadecuado tratamiento de las aguas residuales conducen a la eutrofización crónica y aguas turbias que son perjudiciales para los corales, estos efectos negativos pueden amplificar los impactos de las enfermedades y el estrés térmico asociado al cambio climático.

Este fenómeno es representativo en los arrecifes de coral de Mahahual, Cancún y Riviera Maya, que son áreas desprotegidas con regulación débil y una aplicación deficiente de las normas existentes mínimas en temas como aguas residuales y otros contaminantes.

(Efrén Díaz)

EXISTEN BÁSICAMENTE 2 TIPOS DE CORALES

PÉTREO

Forman estructuras de gran firmeza y apariencia rocosa

BLANDO

Son flexibles y asemejan cuernos y abánicos

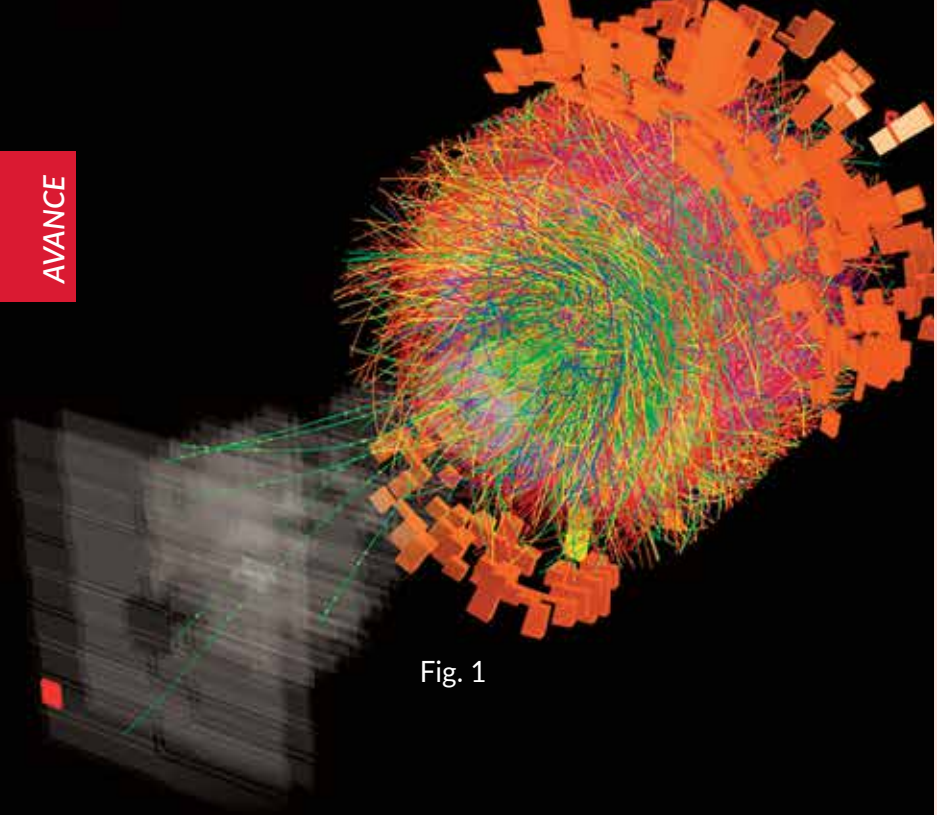


Fig. 1

CAZADORES MEXICANOS DE PARTÍCULAS

Fig. 2

Fotografía e imagen: CERN

Tres de los 19 detectores que conforman el Experimento de Colisiones de Iones Pesados (ALICE, por sus siglas en inglés), ubicado en el Gran Colisionador de Hadrones, tienen sello mexicano. De hecho, el último gran hallazgo realizado en este experimento, en torno a la detección de partículas con quarks *extraños* por choques de protones, fue registrado en gran parte gracias a uno de ellos: el llamado V0 (V-zero).

Ildefonso León Monzón, investigador de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) e integrante del grupo de científicos mexicanos que participan en ALICE, menciona que el primer detector diseñado y fabricado en México fue precisamente el V0, el cual tiene la característica de ser muy preciso en la detección de partículas que emergen de las colisiones duras o frontales. A esta aportación le siguieron el detector de rayos cósmicos, conocido como ACORDE, y más adelante el detector de procesos difractivos AD, todos ellos con participación directa del Cinvestav.

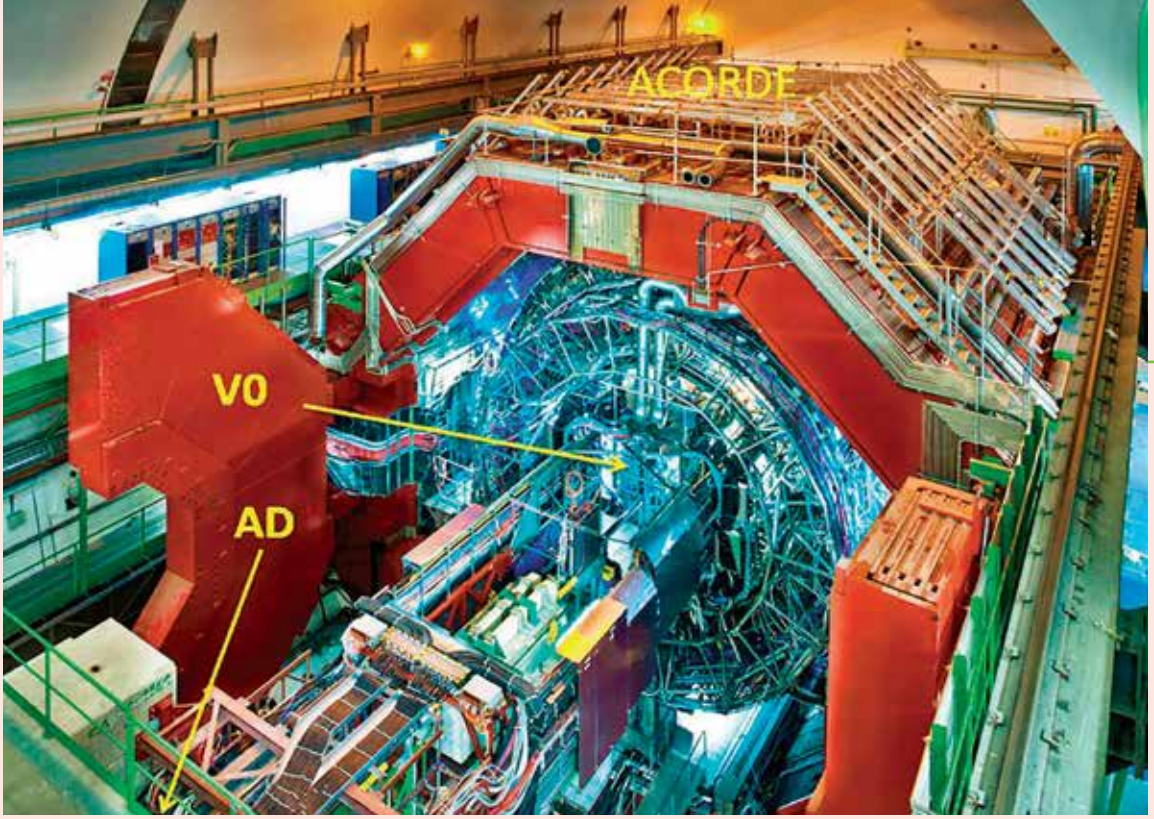
La historia de la incursión mexicana en ALICE se remonta a finales de la década de los 90, cuando Gerardo Herrera Corral tomó la iniciativa de crear un detector de que fuera capaz de ofrecer la señal de disparo para la adquisición de datos en este experimento, por lo que se empezó a planear la construcción del detector V0, aunque eventualmente se le encontraron aplicaciones adicionales.

“Una de las principales características de ese detector es que da la señal de disparo, pero también hace una estimación de la multiplicidad, lo que significa que detecta si el tipo de colisión de las partículas que pasan por él es frontal o dura, como se dice en términos físicos. Cuando los iones colisionan entre sí se generan nuevas partículas, y a través del V0 se puede tener una estimación de cuántas partículas se crearon a partir del impacto (Fig. 1)”, comenta León Monzón.

Además de esos parámetros, este detector también ofrece a los investigadores que participan en el experimento la oportunidad de descartar los llamados eventos de ruido, es decir, aquellos que se generan por las colisiones entre haz-gas que no ocurren en el punto de interacción donde coinciden los haces, entre otras funciones más.

Estas características han convertido al detector mexicano en uno de los más importantes para los hallazgos obtenidos en ALICE, incluso prácticamente todas las publicaciones científicas que ha generado hacen referencia a este dispositivo.

El caso del detector de rayos cósmicos ACORDE, también de manufactura nacional, está compuesto de 60 módulos de plástico centellador que permite generar una señal cuando las partículas cósmicas impactan al menos uno de sus módulos. Asimismo,



este dispositivo es empleado para calibrar y alinear los diferentes detectores que se encuentran en ALICE, al tiempo que sirve para medir una propiedad de los rayos cósmicos conocida como haces de muones.

El más reciente de los detectores mexicanos, el ALICE *Diffractive* o AD, es un sistema de diagnóstico de eventos difractivos que se encuentra a los lados del punto donde ocurren las colisiones, es decir, su trabajo es identificar aquellos resultados producidos por colisiones suaves (no de manera frontal) entre protones o partículas de plomo. Este dispositivo también permitió abrir el programa de Física Difractiva en ALICE para estudiar partículas raras.

"El sistema tiene una tecnología similar al V0, sólo que está ubicado en un sitio que permite detectar eventos que otros dispositivos son incapaces de identificar en ALICE. Se podría decir que ve lo que ningún otro detector, al reconocer partículas que se generan en las colisiones pero no pasan por su zona de detección, ya que está colocado a diferentes distancias, lo que permite a los investigadores observar eventos que antes pasaban desapercibidos", explica el investigador de la UAS.

Desarrollos paralelos

Uno de los elementos que los investigadores mexicanos emplearon en el desarrollo de los detectores es el plástico centellador (Fig. 2), el cual es un polímero que reacciona cuando las partículas generadas en las colisiones atraviesan su superficie. Este material está hecho a partir de poliestireno, que es un sólido transparente al que se agrega moléculas orgánicas capaces de destellar luz azul al percibir una radiación.

A partir del desarrollo del plástico centellador ahora se trabaja en otro material en forma de gel, que tiene la ventaja de ser reciclable y no tóxico. A diferencia del plástico, que se funde a más de 100 grados Celsius, el nuevo material es altamente maleable a partir de los 50 grados.

Además de sus aplicaciones dentro de diferentes detectores en el experimento, este gel puede emplearse en desarrollos orientados a la protección civil, como es el caso de la detección de contaminación radioactiva en infraestructura de centrales nucleares, ya que identifica de manera temprana las partículas alfa, las cuales son altamente dañinas para la salud humana

Asimismo, el gel centellador puede combinarse con un elemento llamado gadolinio, con lo que aumenta su capacidad para la detección de neutrones a fin de emplearse como instrumento rastreador de material altamente radiactivo. De tal manera que los desarrollos mexicanos utilizados en la detección de partículas en el Gran Colisionador de Hadrones, han devenido proyectos de aplicaciones para protección civil.

El experimento ALICE es uno de los más grandes del mundo dedicado a la investigación en la física de la materia, y cuenta con una colaboración internacional de más de mil 500 físicos, ingenieros y técnicos, incluyendo alrededor de 350 estudiantes en 37 países, representantes de 154 instituciones educativas y de investigación científica, entre las que figuran cuatro mexicanas: la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, las universidades Autónoma de Sinaloa, Nacional Autónoma de México y el Cinvestav.

(Héctor de la Peña)

Los desarrollos mexicanos en ALICE, uno de los experimentos que conforman el Gran Colisionador de Hadrones, han sido clave en los hallazgos obtenidos en física

Imagen: ALICE, CERN

INESPERADO DESCUBRIMIENTO

Gerardo Herrera Corral
Departamento de Física
gherrera@fis.cinvestav.mx

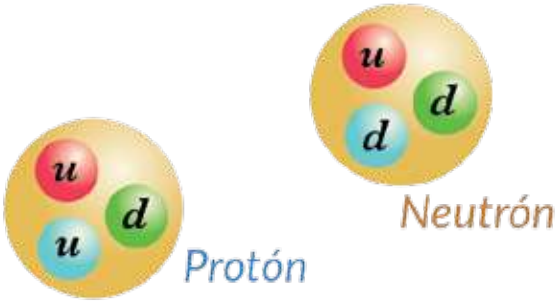
Un efecto inesperado en el choque violento de protones fue anunciado por el Experimento de Colisiones de Iones Pesados (ALICE) del Gran Colisionador de Hadrones del Centro Europeo de Investigaciones Nucleares (CERN), el cual produce colisiones de protones a la más alta energía jamás lograda. Es el acelerador más grande que se ha construido. Se encuentra en Ginebra, Suiza y en sus experimentos participan investigadores de todo el mundo.

A finales de abril la colaboración ALICE publicó en la revista *Nature Physics* el trabajo titulado: "Aumento en la producción de hadrones con extrañeza en colisiones de alta multiplicidad de protones contra protones". En artículos como este se resume el trabajo de investigación de años y de mucha gente.

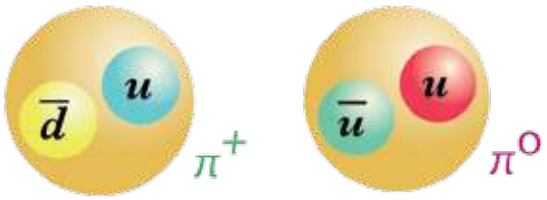
Para estudiar qué es lo que pasa en los encuentros de protones con protones que viajan a velocidades cercanas a la de la luz, se han colocado gigantescos detectores en los puntos donde éstos interaccionan. ALICE es uno de ellos. Cuando los protones chocan a muy alta energía, se genera radiación que se dispersa en todas direcciones; la radiación está hecha de partículas de diferente tipo que son observadas en los dispositivos que forman dicho experimento.

Hoy sabemos que todo lo que nos rodea está formado de partículas elementales y que, de los 12 ladrillos básicos que existen, seis son quarks a los que conocemos con los nombres de: *arriba "u", abajo "d", extraño "s", encanto "c", verdad "t", belleza "b".*

De los seis quarks los más ligeros son los primeros de la serie, es decir, los quarks *arriba* y *abajo*. Estos se encuentran formando a los protones y a los neutrones que nos son familiares porque están en los núcleos de los átomos.



Existen además de los protones y los neutrones otras muchas partículas que están formadas por estos quarks *arriba* y *abajo*. La más común de todas es el pion — o partícula — que está hecha de un quark *arriba* y un quark *abajo*. Para ser más exactos, está hecho de un quark y un antiquark. De tal manera que tenemos:



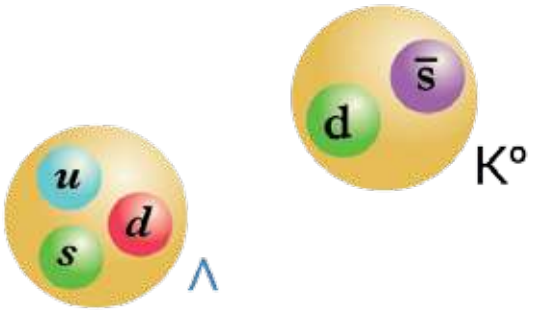
La barra encima de la letra significa que se trata de un antiquark. Los piones son muy ligeros y por eso mismo son los que más se producen en los choques de protones contra protones.

Los quarks nunca aparecen aislados. Por alguna misteriosa razón siempre están atrapados en gru-

A medida que aumenta el número de partículas producidas en colisión de protones se incrementa la presencia de hadrones extraños (como se muestra por los cuadrados naranja a rojo en el gráfico)

pos de dos o tres formando partículas compuestas a las que llamamos hadrones. Al fenómeno por el cual los quarks están siempre recluidos se le conoce como confinamiento.

El quark *extraño* es un poco más pesado y por esa razón se produce menos en las colisiones. Cuando aparece lo hace formando parte de otras partículas menos conocidas que los protones y neutrones pero sí comunes a los especialistas. Aquellos hadrones que contienen quarks *extraños* son también más pesados que los que sólo contienen a los quarks ligeros.



Un ejemplo de estas partículas con quarks *extraños* son el Lambda (Λ) y el Kaon (K), pero hay muchas más, de hecho existen todos los arreglos posibles de quarks.

Estas partículas con "extrañeza" se producen con menor frecuencia y ningún modelo teórico de las colisiones, predice que su número aumente cuando los choques de protones resultan en un gran número de partículas. Por eso es un gran descubrimiento la observación de que así está ocurriendo.

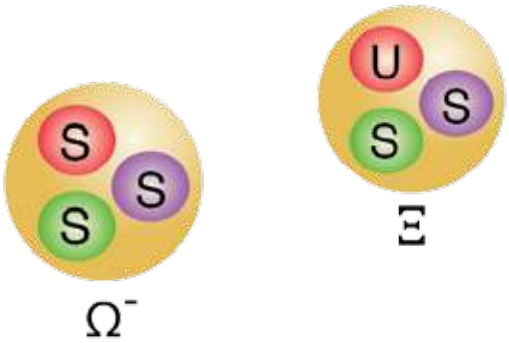
Sabíamos que la producción de quarks extraños aumenta cuando se hace chocar iones de plomo a muy alta energía. Cuando iones pesados colisionan se forma un plasma de quarks y gluones que se desintegra después de un breve instante. En esas circunstancias el número de partículas que contienen a los quarks *extraños* aumenta de manera clara. Este fenómeno es conocido en iones y es una muestra de que el plasma de quarks y gluones se generó durante la colisión, pero que esto ocurra en el caso de protones contra protones no se conocía. La observación es por eso evidencia de que se está produciendo el plasma de quarks y gluones también aquí: en la colisión más simple de protones contra protones.

Las partículas estudiadas son: kaones, lambdas, Xi y omegas. Todas ellas tienen en común el hecho de que estar formadas por quarks *arriba*, *abajo* y *extraño*.

El contenido de quarks de estos hadrones es como se muestra arriba.

K° está hecho de los quarks d y $\bar{s}$ $K = d\bar{s}$
Lambda esta hecho de los quarks u, d y s $\Lambda = uds$

Mientras que para los Xi y Omegas el contenido de quarks es:
Omega está hecho de tres quarks extraños $\Omega = sss$
Xi que está hecho de los quarks u y s $\Xi = uss$



Lo curioso es que el número de partículas que contienen más quarks *extraños* se producen en mayor cantidad que aquellas que contiene menos de estos.

Cuando uno mide la cantidad de estas partículas que aparece en el choque de los protones se percata con sorpresa que ésta aumenta cuando el número total de partículas crece en la colisión. Para medir el número de ellas se compara con el número de piones que, como dijimos, es el más abundante en las reacciones.

Mientras que para colisiones con pocas partículas, el número de Omegas es una fracción del número de piones, cuando el número total de partículas aumenta se observa que el número de omegas se duplica con respecto al de piones.

Este descubrimiento abre la posibilidad de estudiar al nuevo estado de la materia en colisiones más sencillas, pero sobre todo deja un nuevo fenómeno para los especialistas que deberán explicar porqué se genera este plasma en un lugar donde no se esperaba.

La física experimental de altas energías avanza por el lado observacional, a través de proyectos de muy largo aliento como el LHC, que se comenzó a pensar en 1984, fue aprobado en 1993, comenzó sus operaciones en 2009 y realizó su primer gran descubrimiento en 2012 con el anuncio de la existencia del bosón de Higgs.

El proyecto continúa con estudios cada vez más detallados en busca de respuestas a las grandes preguntas sobre el origen del Universo, la naturaleza de la materia oscura, la posible existencia de más dimensiones, los motivos por los que la antimateria desapareció para dejarnos un Universo hecho de materia y en general la existencia de principios más fundamentales que los que conocemos.

Cinvestav
PRESENCIA EN MÉXICO

COAHUILA

Investigación en ingeniería metalúrgica, robótica, manufactura avanzada, recursos naturales y energéticos

NUEVO LEÓN

Investigación en ingeniería y física biomédicas, así como educación en ciencias

JALISCO

Proyectos de diseño electrónico, sistemas eléctricos de potencia y telecomunicaciones

TAMAULIPAS

Investigación en ciencias de la computación e inteligencia artificial

GUANAJUATO

Biotecnología de plantas e investigación interdisciplinaria en torno a la secuenciación de genomas

CIUDAD DE MÉXICO

Proyectos en las áreas de ciencias biológicas y de la salud; sociales y humanidades; exactas y naturales; tecnología y ciencias de la ingeniería

YUCATÁN

Proyectos en biología marina, química y ciencias del medio ambiente

QUERÉTARO

Ciencia básica y aplicada en ingeniería de materiales

TLAXCALA

Investigación sobre biología de la reproducción

FAMA A LA ESPERA

Los grandes inventos o descubrimientos científicos difícilmente los puede llevar a cabo una sola persona. La historia en ocasiones es injusta y sólo da lugar a quienes alzan la voz para atribuirse los logros. Conseguir una innovación en cualquier área de la ciencia requiere de varias contribuciones, pero sólo algunos saben aprovechar las circunstancias para permanecer en la memoria colectiva.

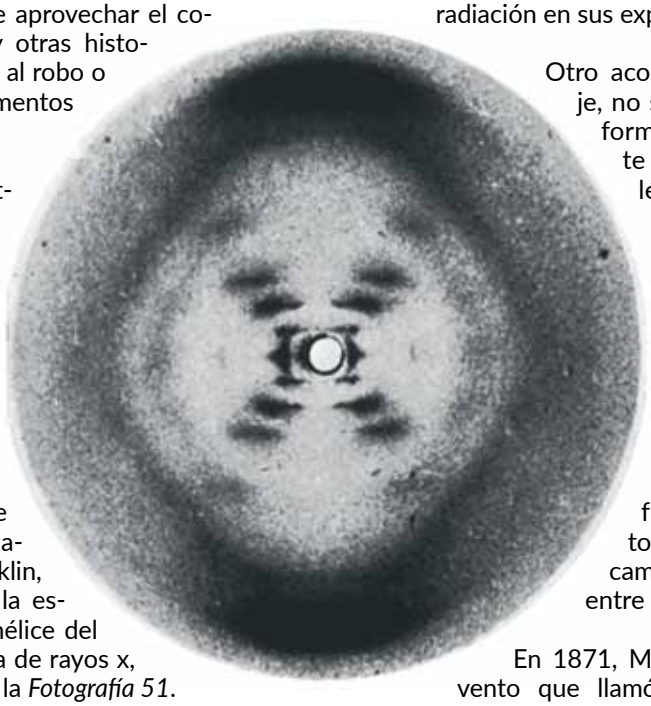
En ocasiones lo que la historia no registró fue a los científicos que antecedieron los grandes logros, y por supuesto siempre han existido investigadores que prefirien llevarse el reconocimiento ellos solos. Por ejemplo, darle todo el crédito a Albert Einstein por la Teoría de la Relatividad Especial, es dejar en el olvido a científicos como Jules Henri Poincaré o Hendrik Antoon Lorentz, quienes se anticiparon a tratar este concepto, antecediendo el primer artículo de Einstein sobre el tema.

Einstein escribió un largo tratado acerca de la Teoría de la Relatividad Especial llamado: “Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento”, en 1905.

Muchas de las ideas clave que presentaba ya eran conocidas por Lorentz (por ejemplo, las transformaciones de Lorentz) y Poincaré, antes de que el físico alemán escribiera su artículo.

Albert Einstein tomó un cuerpo existente de conocimientos, recogió y seleccionó las ideas para luego interpretarlas en su contribución a la Relatividad Especial. Sería una mentira decir que él creó una teoría totalmente nueva y original, como se suele escribir en las reseñas y biografías de este personaje.

Utilizar la información ya generada y publicada para darle una nueva interpretación, es una de las mejores formas de aprovechar el conocimiento, pero hay otras historias donde se recurrió al robo o sustracción de documentos para llegar al éxito.



En 1962 James Watson, Maurice Wilkins y Francis Crick, recibieron el Premio Nobel, por sus estudios sobre el ADN. Lo que ninguno de los tres científicos comentó, el día que recibieron la mayor condecoración para las ciencias, fue que gracias a la investigación de Rosalind Franklin, es que se descubrió la estructura de la doble hélice del ADN, con una captura de rayos x, que la científica llamó la *Fotografía 51*.

Franklin usó la difracción de rayos X para obtener la estructura de doble hélice del ADN, que era detectable a simple vista por las bandas dispuestas en cruz. Esa X revelaba de la estructura en escalera de caracol de la macromolécula de la herencia.

En 1946 a los 22 años, la joven investigadora terminó el doctorado y se especializó en Cristalografía de Rayos X, una técnica muy poco conocida en esa época. Trabajando en el laboratorio de King´s College de la Universidad de Londres, conoció al norteamericano Watson, al británico Crick y al neozelandés Wilkins, científicos que tenían poca experiencia en el trabajo que ella realizaba.

Maurice Wilkins logró obtener la fotografía 51 sin conocimiento de Rosalind y la mostró a sus dos colegas. Como lo describió posteriormente el mismo James Watson en su libro "La Doble Hélice": "Al momento que vi la imagen que mostró Franklin, mi boca se abrió y mi pulso empezó a acelerarse. El ADN tenía el patrón repetitivo de bases nitrogenadas y era una estructura simétrica, lo que implicaba que la molécula estaba formada de dos cadenas que corrían en direcciones opuestas". También Watson y su grupo obtuvieron el informe confidencial que Rosalind estaba preparando para publicar su hallazgo en la revista *Nature*. Los tres científicos se adelantaron haciendo público estos avances sin nombrar el estudio que utilizaron de Rosalind para anunciar su descubrimiento.

Franklin dedicó los últimos años de su vida a investigaciones pioneras relacionadas con el virus del mosaico de tabaco y el poliovirus. Finalmente falleció en 1958 a causa de un cáncer que se cree fue provocado por las repetidas exposiciones a la radiación en sus experimentos.

Otro acontecimiento de ultraje, no sólo de ideas o de información, fue la patente del inventor del teléfono, que durante muchos años se le atribuyó al científico de origen escocés Alexander Graham Bell. En 2002 el Congreso de Estados Unidos admitió, más de un siglo después, que el italiano Antonio Meucci fue el verdadero inventor de este aparato que cambió la comunicación entre las personas.

En 1871, Meucci patentó un invento que llamó teletrófono, con la finalidad de conectar su oficina al dormitorio de su esposa, quien estaba enferma de reumatismo. Sin embargo por cuestiones económicas, dos años más tarde, no pudo renovar la patente, se dice que por carecer de 10 dólares.

En 1874, temiendo que su invento se perdería, lo presentó a la compañía de telégrafos Western Union, pero no recibió ninguna respuesta. Dos años después el italiano se enteró que el investigador Graham Bell, celebraba la invención del teléfono patrocinado por la Western Union.

Inició una larga batalla legal con la poderosa compañía y aunque en 1887 un tribunal de Nueva York le dio la razón, no pudo reclamar parte de los beneficios económicos del invento, ya que su demanda de patente había caducado años antes. Meucci falleció pobre y amargado en 1889 y jamás vio la gloria y el reconocimiento de su talento.

Mark Twain, escritor estadounidense decía que "el cerebro humano está hecho de tal manera que no

La *Fotografía 51* fue tomada en 1952 por la química Rosalind Franklin, antecedente de la estructura doble hélice del ADN

puede crear nada en absoluto; solamente puede usar material ya existente". Muchas ideas suelen tener orígenes diversos, complejos, que no pueden circunscribirse a un solo autor. De hecho, suele ser habitual que la memoria colectiva tienda a simplificar y seleccionar un solo inventor o una sola empresa como origen de una tecnología. A menudo, los grandes inventos tuvieron muchos padres. Por ejemplo, Alexander Fleming sí descubrió la penicilina, pero fueron un grupo de otros científicos, como Howard Florey, los que supieron sacarle todo el potencial al fármaco tal como lo conocemos hoy en día.

En otro pasaje de la historia: a Thomas Alva Edison se le llamó el padre de la electricidad y a Guillermo Marconi el inventor de la radio, dejando en el olvido a Nikola Tesla, creador de la corriente alterna y de las transmisiones sin cable de radio.

En 1882 Tesla ingresó a trabajar en la Continental Edison Company, en París, donde desarrolló su teoría de la corriente alterna y diseñó el primer motor de inducción, pero en 1884 decidió aceptar la oferta de trabajar en una filial de la empresa de Edison en Estados Unidos y viajó a Nueva York.

Es allí donde surge "la guerra de corrientes", ya que Tesla le demostró a Edison la ineficacia y fallas del uso de la corriente continua. Situación que obliga a que Nikola a salir de la empresa y crear la Tesla Electric Company, patentando numerosas y flamantes invenciones como los generadores de corriente alterna, más eficaces, económicos y útiles que los de corriente continua de Edison.

El principal objetivo de estos inventos era electrificar las ciudades de Estado Unidos, por lo que había una gran cantidad de dinero en juego, motivo por el cual Edison no aceptaba que la corriente alterna era la mejor opción. Razón que orilla a los dos inventores a buscar grandes inversionistas. El banquero J.P. Morgan se convirtió en el principal accionista de Edison y George Westinghouse Jr, inventor y magnate norteamericano, el de Tesla.

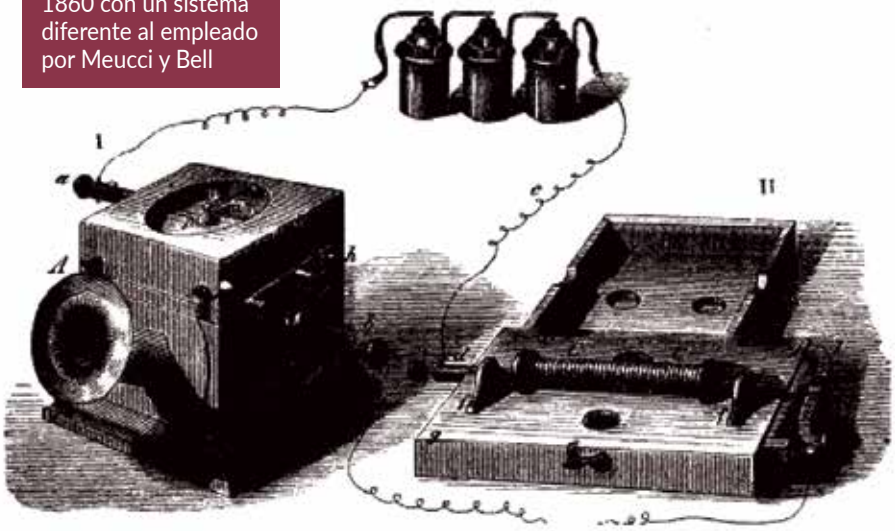
La corriente alterna acaba siendo la mejor alternativa, pero Nikola Tesla cede las patentes de sus inventos a la empresa Westinghouse y esto, aunado a una campaña de desprestigio que Edison le orquestó, dejó por muchos años en el olvido a este gran inventor.

Otro de los inventos atribuidos tardíamente a Tesla fue la radio, la cual se asignaba a Guillermo Marconi, ingeniero eléctrico italiano. En 1943 este hurto fue subsanado por la Corte Internacional, ya que se constató que a comienzos de 1895, Tesla estaba en condiciones de poder transmitir una señal de radio, es decir emitir energía electromagnética sin cables, de hecho realizó pruebas en 1896 en el Hotel Gerlach, en Manhattan donde residía, y más tarde en 1898 hizo una demostración pública en el Madison Square Garden, en New York, donde muestra un bote controlado por ondas de radio.

La fama y el prestigio son las condiciones que aparecen en todas las historias donde se prefirió olvidar u ocultar a los creadores y precursores de muchos de los inventos a través del tiempo. Indagar cómo sucedieron los hechos, ha permitido que historias como la de Rosalind o Tesla no quedaran en el olvido.

(Wendolin Collazo)

Diagrama de Johann Philip Reis, quien diseñó un teléfono en 1860 con un sistema diferente al empleado por Meucci y Bell



Comentarios del lector

Es muy grato encontrar en las páginas de la revista *Avance y Perspectiva* temas de ciencias sociales y de actualidad, como "Predicciones fallidas" y "El regreso a los mitos fundacionales". Es interesante ver que se abarcan la mayoría de las áreas del conocimiento.

Ariel Rivera

Es un honor para todos los que pertenecemos al Cinvestav tener una revista de tan alta calidad, ¡los felicito a todos!

Alejandro Arenas

¿Tienes opiniones o sugerencias sobre *Avance y Perspectiva*? Escríbenos a revista@cinvestav.mx

AyP en el índice de revistas de divulgación

La revista *Avance y Perspectiva* (*AyP*), órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) logró ingresar al Índice de Revistas Mexicanas de Divulgación Científica y Tecnológica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) en marzo pasado, tras una exhaustiva revisión de los contenidos transmitidos recientemente.

El Conacyt creó este índice con el objetivo de fomentar la divulgación de la ciencia y tecnología a través de los medios escritos, así como dar un reconocimiento a la labor y calidad de las publicaciones dedicadas a la divulgación.

El Índice de Revistas Mexicanas de Divulgación Científica y Tecnológica del Conacyt actualmente cuenta con cerca de una veintena de publicaciones y busca dar a los lectores certeza para conocer los avances en ciencia y tecnología, que faciliten al otro apropiarse del conocimiento para su desarrollo

A diferencia de una revista científica —orientada al intercambio y actualización de información entre pares—, la de divulgación traduce lenguajes técnicos en un saber asequible para el público en general.

EL CORAZÓN ES UN RESORTE

Luis Moreno Armella
Departamento de Matemática Educativa
lmorenoa@cinvestav.mx

El corazón es un resorte, de Pablo Boullosa, es un libro que se lee con gratitud. Su entusiasmo le lleva a desear, más que un lector, un interlocutor. Es un libro en *voz alta*.

La educación es su preocupación central, aquella que forma ciudadanos comprometidos con la salud social y material de su entorno y que no se agota en un *entrenamiento* disciplinar. El autor tiene una propuesta clara para alcanzarla, sostenida por el estudio de los clásicos: aquellos que han contribuido a delinear la estructura de la cultura occidental. Sin embargo, su propuesta me deja una sensación de desequilibrio frente a su identificación de *los clásicos*. Me quedé esperando una consideración, por ejemplo, a los *Elementos* de Euclides, un clásico griego y universal. No lo digo para intentar angostar los méritos del libro, sino para explicitar el sistema de coordenadas desde el cual he llevado a cabo mi lectura.

En la primera parte del texto el autor despliega un conocimiento y reflexión abundantes sobre la noción de *metáfora*. El autor ofrece un recuento del poder organizador de la oralidad y su carga metafórica, aún en culturas ya dominadas por la escritura. La idea subyacente a su reflexión sobre las metáforas y las historias como medios para desarrollar estrategias educativas, apunta a que ellas son *instrumentos de mediación*. Así establece un puente significativo con las ideas de Lev Vygotsky, quien explica cómo los procesos de internalización de una cultura configuran, en gran medida, las capacidades cognitivas de las personas. Por ejemplo, todo lo que hacemos con los números hoy en día, sería impensable si no hubiésemos internalizado el sistema decimal, que en compañía de la escritura son seguramente las tecnologías simbólicas básicas. Pablo, empero, intenta ir más lejos en su tesis subrayando que nuestra capacidad simbólica se revela en la intersección de los mundos sociocultural y biológico. La vida mental de una persona está tejida con dos hilos que se entrecruzan formando la urdimbre y la trama: son el lenguaje y el sistema nervioso. La complejidad de este campo de exploración es tangible como ya lo había señalado M. Donald en *A Mind so Rare* y también Roger Bartra en su obra *Antropología del Cerebro*.

El afán totalizador de la obra que nos ocupa exige del lector un serio compromiso con la lectura y con esos momentos, tan caros al autor, cuando se deja de lado el texto y uno se embarca en el río de sus propias reflexiones.

Ya en la parte final del libro, Boullosa incorpora la *Cartilla Moral* de Alfonso Reyes. Entonces, se escucha otra voz cuya resonancia con los afanes del autor son ostensibles: la de Howard Gardner en *Las Cinco Mentes del Futuro*, obra que enfatiza la urgencia de sustanciar una mente moral cada vez más consciente del respeto a los demás y del compromiso con su ámbito de trabajo, con el entorno social en donde transcurre la vida.

Estamos frente a una obra ambiciosa que ha debido concitar, frente a la mesa de su autor, la presencia de voces muy diversas que han cincelado nuestros espacios culturales y educativos. No queda sino agradecer que se haya asumido este compromiso para cristalizarlo de tan estupenda manera.

DELICIA TECNOLÓGICA

Víctor Juárez Lomán
Departamento de Difusión
vjuarez@cinvestav.mx

En homenaje a los cinco siglos de existencia de *El jardín de las delicias* de Jheronimus van Aken, *El Bosco*, los holandeses Pieter van Huystee e Ingrid Walschots, conceptualizaron un sitio web que contiene un documental interactivo para adentrar al espectador a las entrañas mismas de esta emblemática pieza de arte del siglo XVI.

De hecho este documental, titulado *Jheronimus Bosch, El Jardín de las Delicias*, ganó a finales de abril el premio Webby, que se entrega desde hace dos décadas a los mejores sitios web del mundo, en este caso, por votación de la gente.

La obra pictórica en formato tríptico, realizada hace poco más de 500 años por el pintor holandés, nos permite acercarnos a otros tiempos y culturas, al poner de manifiesto la concepción de lo moral y lo religioso en la vida cotidiana de la Edad Media. Quienes han tenido la oportunidad de ver el original exhibido en el Museo del Prado, en Madrid, quedan admirados ante su complejidad y la cantidad de detalles que tiene esta magnífica pieza a la que, indudablemente, disfrutarla toma mucho más que sólo unos suspiros.

El recorrido virtual por este cuadro nos guía por la transición de la pureza del hombre. La pintura inicia en la parte izquierda del tríptico, representada por El Paraíso, recordándonos que Dios nos observa fijamente. Al centro viene la debacle, la desbordada lujuria, la descontrolada gula y el orgullo narcisista, es decir, la pecaminosa humanidad. Finaliza en la

sección derecha: El Infierno. Aquí todo es oscuro y lúgubre, donde el dolor, la guerra, la muerte y el sufrimiento dominan. Hay personas deformes, destripados, torturados y desmembrados expiando sus pecados.

El documental interactivo nos permite apreciar mejor esta obra de arte gracias a sus múltiples herramientas técnicas y audiovisuales, entre las que destacan los acercamientos mayúsculos que pueden hacerse a la pintura, ya que todo está hecho con fotografías en alta definición, que permiten disfrutar las pinceladas del artista, desde las más toscas hasta las más delicadas y percibir cada grieta que denota sus cinco siglos de existencia. Mientras tanto, un narrador va explicando las más de 40 escenas distintas que se destacan en la pieza, a la vez que escuchamos la música finamente elegida. Es de mencionar la capacidad que tuvieron Mark Glynne y Selle Sellink para seleccionar el sonido ambiental correspondiente a cada parte del cuadro. Este dúo logró que cada vez que uno se acerque al más minúsculo detalle, el sonido ambiental corresponda a lo que el espectador está viendo. Si se elige la imagen de la fuente, se escuchará agua, donde hay anfibios, croar una rana, o en el infierno, gritos y lamentaciones. Todo esto provoca una experiencia sensorial completa que redondea el recorrido del viaje.

Este sitio web, que también formó parte de las actividades para conmemorar el aniversario luctuoso del pintor, es claro ejemplo de que la tecnología es una herramienta poderosísima que nos auxilia para admirar el arte y nos acerca a la cultura de una forma que antes no hubiéramos soñado.

Visita el sitio web https://tuinderlusten-jheronimusbosch.ntr.nl/en

EstePaís
TENDENCIAS Y OPINIONES

IMPUNIDAD CERO
Trabajo doméstico

Ilusiones perdidas

Julia Carabias, Alejandra Hernández, Arturo Piñero, José Fernández Santillán, Stephen D. Morris

EstePaís|cultura
Juan Domingo Argüelles, Elsa Cross, Claudio Isaac, Darío Ortiz, César Guerrero

estepais.com

Suscríbase al 5658 2326 5659 8360

COLOQUIO CINVESTAV

AUDITORIO ARTURO ROSENBLUETH

1ER MIÉRCOLES DE CADA MES

12 HORAS

TRANSMISIÓN EN VIVO POR WWW.CINVESTAV.MX

PRÓXIMOS CONFERENCISTAS:
ANTONIO LAZCANO (JUNIO)
CARLOS COELLO (JULIO)
JOSÉ GORDON (AGOSTO)