



Avance y Perspectiva

2015 Año Internacional de la LUZ

- A 100 años de la Teoría de la Relatividad
- Recibe Roger Penrose *Honoris Causa*
- Crean Red Mexicana de Virología

Vol. 1 No. 2
Diciembre 2015 - Febrero 2016
México



Cinvestav

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN



Visita nuestra página web
<http://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/>

*Y síguenos en
nuestras redes sociales*



RevistaAvanceyPerspectiva



revistaayp



revista@cinvestav.mx



user/AvanceyPerspectiva



avanceyperspect/

CONTENIDO

¿QUIÉNES SOBREVIVEN A LAS EXTINCIONES MASIVAS?
PRIMER MAMÍFERO CON PELO

04 30

PIEL ARTIFICIAL CON SENSIBILIDAD/
#TT FUERA DE LOS MEDIOS TRADICIONALES

05 32

EL PEZ QUE NO DESARROLLÓ OJOS
PARA GUARDAR ENERGÍA

06 34

DISTINCIONES:
SCIENTIFIC AMERICAN Y BECA L'OREAL

07 37

ROGER PENROSE
DOCTOR HONORIS CAUSA POR EL CINVESTAV

08 41

RED MEXICANA DE VIROLOGÍA
UN FRENTE CONTRA LOS VIRUS

10 42

AGRICULTURA SOSTENIBLE
BASADA EN BIOCONTROL DE PLAGAS

12 43

EL PROBLEMA EPISTEMOLÓGICO
QUE CAMBIÓ A LA CIENCIA MODERNA

15 46

TRAS 100 AÑOS, LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD
GENERAL SIGUE VIGENTE

18 51

EL CAMINO
DE LA ÓPTICA CONTEMPORÁNEA

22 52

CLAROSCUROS
EN LA INVESTIGACIÓN

25 55

FICCIÓN CIENTÍFICA
Y RELATIVIDAD GENERAL

28 56

PREMIO NOBEL DE MEDICINA 2015
DE LOS JARDINES A LOS ANTIPARASITARIOS

PREMIO NOBEL DE FÍSICA 2015
NEUTRINOS

PREMIO NOBEL DE QUÍMICA 2015
REPARACIÓN DEL ADN

EL FINANCIAMIENTO PÚBLICO
A LA INDUSTRIA EN MÉXICO

OBTIENE ESTUDIANTE DEL CINVESTAV
PREMIO NACIONAL EN ALIMENTOS

RECONOCE ANUIES
TESIS DEL DIE

UN HORIZONTE DE RETOS
Y OPORTUNIDADES PARA AYP

LA TECNOLOGÍA ACTUAL TUVO SU ORIGEN
EN LA CIENCIA BÁSICA

CREAN POSGRADO BINACIONAL
EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

A 25 AÑOS DE SU CREACIÓN
DEPARTAMENTO DE INFECTÓMICA Y PATOGÉNESIS MOLECULAR

ENTRE EL REALISMO MÁGICO
Y UNA NUEVA FÍSICA DE PEDRO PÁRAMO

MÚSICOS Y MEDICINA
HISTORIAS CLÍNICAS DE GRANDES COMPOSITORES

DIRECTORIO CINVESTAV

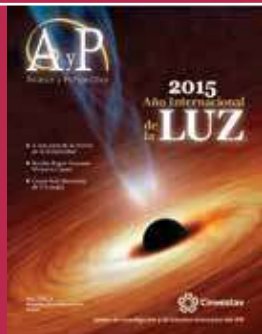


Ilustración: NASA/JPL - Caltech. Imagen artística de la NASA basada en datos del telescopio espacial Hubble, que muestra un agujero negro supermasivo millones de veces más grande que la masa del sol.

José Mustre de León

Director General

Diego Ricardo Félix Grijalva

Secretario Académico

José Luis Leyva Montiel

Secretario de Planeación

Jesús Corona Uribe

Secretario Administrativo

Revista AyP

Gerardo Herrera Corral
Editor

Efrén Díaz Millán
Fotografía

Ricardo Cerón Plata
Coordinador editorial

Víctor Durán Mejía
Portada y diseño editorial

Luisa Miranda Barbotó
Corrección de estilo

Josefina Miranda López
Asistente secretarial

Víctor Juárez Lomán
Redacción

Ana Isabel Sacristán Rock
Beatriz Xoconostle Cázares
Eduardo Santillan Zeron
Eugenia Roldán Vera
Gabriela Olmedo Álvarez
José Gordon

Héctor de la Peña Durán
Guillermo Cárdenas Guzmán
Reporteros

Ana Lorena Gutiérrez Escolano
Pablo Boullosa
Roberto Muñoz Guerrero
Consejo editorial

Héctor Martínez Martínez
Elizabeth Licona González
**Infografía, retoque fotográfico,
diseño de publicidad**

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

 RevistaAvanceyPerspectiva

 revistaayp

 avanceyperspect/

 user/AvanceyPerspectiva

Avance y Perspectiva, Vol 1, No. 2, diciembre 2015-febrero 2016, órgano oficial de difusión trimestral editado por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional-Cinvestav. Av. Instituto Politécnico Nacional No. 2508, Col. San Pedro Zacatenco, Delegación Gustavo A. Madero, C.P. 07360, D.F., Tel. 55-57473800, www.cinvestav.mx, revista@cinvestav.mx, Editor Responsable: Gerardo Herrera Corral, Reserva de Derechos al uso exclusivo 04-2014-021912420000-203, Número ISSN en trámite. 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, D.F., fecha de última modificación, 20 de noviembre de 2015.

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 editores.



EDITORIAL

GERARDO HERRERA CORRAL

EDITOR

gherrera@fis.cinvestav.mx

Este año se celebran dos temas trascendentes para la historia de la ciencia: por un lado, el Año Internacional de la Luz; por el otro, el centenario de la Teoría General de la Relatividad. Ambos, luz y relatividad, han sido ampliamente estudiados y son grandes generadores de investigación y debate. En *Avance y Perspectiva* no podíamos quedarnos al margen de temas coyunturales como estos, razón por la que decidimos dedicar este número para ambos aspectos.

Así, en esta edición de *AyP* encontrarán artículos acerca de la luz, tal como el de David Iturbe, del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) hablando de la óptica contemporánea; o un interesante reportaje que nos presenta sólo una ligera muestra de algunas investigaciones que se hacen en el Cinvestav sobre las que, directa o indirectamente, la luz tiene incidencia. En el otro tema central, la relatividad, Tonatiuh Matos y Hugo García nos cuentan acerca del problema epistemológico que representa y la vigencia de la teoría, respectivamente.

A pesar de estos temas centrales tenemos muchos más que le dan variedad a este número; uno de ellos es acerca de la importancia de invertir en ciencia básica, mientras que otro artículo menciona la carencia de resultados del financiamiento público en el sector privado.

Encontrarán también reportajes interesantes acerca de la recién creada Red de Virología y de la investigación referente al control biológico de plantas que se realiza en el Langebio. Tampoco podemos obviar el aniversario del Departamento de Infectómica y Patogénesis Molecular, que al cumplir un cuarto de siglo festeja con un recuento de su propia historia descrito por uno de sus fundadores, Adolfo Martínez Palomo. Del mismo modo y como es una tradición, se incluye el tema de los Premios Nobel en medicina, química y física escrito por especialistas en cada ramo. 

¿QUIÉNES SOBREVIVEN A LAS EXTINCIONES MASIVAS?

Una de las cinco grandes extinciones masivas ocurrida hace más de 250 millones de años, la del Pérmico-Triásico, fue la base de un estudio científico para determinar por qué algunas especies tienen mayor posibilidad de sobrevivir ante grandes procesos de extinción, de acuerdo con el papel que juegan en la red trófica o alimenticia del ecosistema, y de esa manera entender mejor los cambios a los que está expuesto nuestro planeta.

A través de los datos obtenidos de fósiles en ecosistemas sudafricanos del Pérmico-Triásico, se reveló que ciertos tipos de animales eran más vulnerables a la extinción, sobre todo aquellos con roles menos precisos en la cadena alimenticia, ya que se observó que a pesar de que se extinguieron gradualmente más especies durante ese periodo, de alguna forma la cadena alimentaria lograba sobrevivir.

El estudio basado en modelos matemáticos ayuda a poner en relieve la importancia crítica de la comprensión de las redes tróficas (saber “quién come qué”) cuando se trata de predecir cómo estarán las comunidades antes, durante y después de una extinción masiva.

A pesar de lo difícil de comparar las redes alimentarias en un plazo tan grande, sobre todo cuando hay lagunas en el registro fósil, los científicos que participaron en el proyecto generaron varias redes alimentarias alternativas para cada periodo importante, con lo que pudieron comprobar que los ecosistemas permanecieron estables a pesar de la enorme pérdida de biodiversidad. [↪](#)

Imagen: Academia de Ciencias de California

HALLAN FÓSIL DEL PRIMER MAMÍFERO CON PELO

Un roedor del tamaño de una zarigüeya que habitó la Tierra hace 125 millones de años, puede dar pistas sobre la evolución de una de las características más comunes entre la mayoría de los mamíferos: el pelo.

La especie, bautizada como *Spinolestes xenarthrosus* habitó en lo que por entonces era uno de los primeros humedales tropicales del planeta, hoy conocido como el yacimiento de Las Hoyas, en España. El animal pesaba entre 50 y 70 gramos, basando su alimentación en insectos y larvas, pero lo más interesante del hallazgo de su fósil fue que, contrario a lo que se creía, la evolución del pelo, junto con otras estructuras de la piel, no ocurrió gradualmente, sino que tuvo lugar simultáneamente en el origen del linaje.

De hecho, el *Spinolestes* lucía una melena de pelos largos y la espalda cubierta por espinas finas, como los actuales erizos, además se caracterizaba

por tener melena en el cuello y una corta cresta que le recorría la espalda. Las manos, propias de los animales que se han adaptado a la excavación, sugieren un estilo de vida similar al de las actuales musarañas acorazadas. [↪](#)



Imagen: Journal Nature

PIEL ARTIFICIAL

CON SENSIBILIDAD

Mediante el uso de circuitos flexibles orgánicos y sensores especializados de presión, investigadores de la Universidad de Stanford, encabezados por el ingeniero Benjamin Tee, crearon una piel artificial capaz de sentir la fuerza de los objetos estáticos.

El Grupo de Investigación Bao de Stanford logró transferir señales sensoriales a las células cerebrales de ratones *in vitro* empleando la

optogenética, según un reciente artículo publicado en la revista *Science*. Este desarrollo abre nuevas posibilidades para que millones de personas en el mundo que usan prótesis, puedan recuperar las sensaciones en sus extremidades.

Para crear una piel artificial, desarrollaron un circuito especializado que traduce la presión estática en señales digitales a través de un elemento en el mecanismo de tensión, que cambia su resistencia eléctrica dependiendo de cuánta fuerza mecánica se le aplica.

De acuerdo con los investigadores de este gran proyecto, uno de los principales retos fue la creación de sensores capaces de “sentir” la misma escala de presión que los humanos. Por tanto, el equipo utilizó nanotubos de carbono moldeados como microestructuras piramidales, especialmente eficaces para tunelizar las señales procedentes del campo eléctrico de objetos cercanos al electrodo receptor, de forma que maximiza la sensibilidad. [↗](#)

El grupo científico diseñó nuevas proteínas optogénicas capaces de acomodar intervalos de estimulación más largos

Imagen: Science.

#TRENDING TOPIC FUERA DE LOS MEDIOS TRADICIONALES

Aproximadamente la mitad de las noticias que aparecen en Twitter en forma de *trending topic* (tendencia) no se destacan en los medios de comunicación tradicionales y, cuando coinciden, salen un 60 por ciento antes en la red social. Estas son algunas conclusiones de un estudio en el que participan investigadores de la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M), en colaboración con investigadores de los institutos Federal Suizo de Tecnología de Zúrich, IMDEA Networks y de Laboratorios NEC.

El estudio que analiza cómo fluye la información en Twitter frente a los medios tradicionales, y



Imagen: Plos One

que fue publicado recientemente en la revista *Plos One*, recopiló más de 300 mil *trending topics* generados en alrededor de 60 países, en diferentes momentos de 2013 y 2014, lo que les permitió estudiar la diseminación de estos contenidos entre estados y culturas diferentes.

Además de este condicionamiento socioeconómico, el estudio revela que también el sesgo cultural resultó un factor importante, sobre todo entre los países que hablan la misma lengua, como es el caso de Hispanoamérica. [↗](#)

Un estudio realizado por investigadores de la Universidad de Lund, en Suecia, sugiere que la población de peces ciegos que habitan en el sistema de cuevas conocido como Pachón, en Tamaulipas, evolucionaron sin ojos con el objetivo de guardar energía en un ambiente de oscuridad, donde la fuente de alimentación es escasa.

De acuerdo con la investigación, los ancestros de esta especie conocida como *Astyanax mexicanus* migraron de ríos superficiales de la zona del noreste mexicano hacia el interior de las cuevas y, como parte de su evolución para optimizar el uso de energía, dejaron de desarrollar los ojos al tiempo que redujeron el tamaño de su mesencéfalo, que es la parte encargada de recibir y procesar la información del campo visual.

Los investigadores suecos plantearon esta hipótesis con base en un análisis comparativo entre especímenes *A. mexicanus* que viven en cuevas y aquellos de superficie que habitan en el Río Tapaón, en San Luis Potosí. Ambas muestras de las especies tenían en promedio dos años de edad, y fueron sometidas a periodos de luz-oscuridad a los que naturalmente están acostumbrados para después aplicarles pruebas bajo oscuridad constante.

La prueba consistió en medir el consumo de oxígeno en ambos grupos de peces por medio de un respirómetro hecho específicamente para el estudio, con el cual pudo observarse el comportamiento de los animales durante periodos con flujo de agua y sin ella, así como también evaluar la concentración de oxígeno cada 15 segundos.

Entre los resultados que obtuvo el estudio, destaca que los "peces ciegos" emplean en promedio 27 por ciento menos energía que aquellos organismos con ojos que habitan en aguas superficiales durante los periodos luz-oscuridad a los que están acostumbrados a vivir; en tanto que al ser sometidas ambas especies a oscuridad constante, ese promedio de ahorro de energía se incrementó a 38 por ciento por parte de los peces que habitan la cueva Pachón.

Esos porcentajes también están relacionados con el tamaño del cerebro de los especímenes que habitan en la superficie, respecto a aquellos que lo hacen en las cuevas, ya que los peces con ojos tienen una masa encefálica 30 por ciento más grande que su contraparte ciega, y en consecuencia emplea mayor cantidad de energía.

Una de las explicaciones a este resultado es que al evolucionar sin ojos, el *Astyanax mexicanus*, conocido también como sardina ciega, dejó de

EL PEZ QUE NO DESARROLLÓ OJOS PARA GUARDAR ENERGÍA



Fotografía: Universidad de Lund

emplear el ciclo circadiano para controlar su metabolismo, lo que ayudó a que requiriera menor demanda de oxígeno.

La investigación fue realizada durante 2012 y los resultados fueron dados a conocer en la revista *PLOS ONE* y, recientemente, en la revista electrónica de investigaciones originales *Science Advances*. [🔗](#)

El pez ciego de las cuevas (*Astyanax mexicanus*) no necesita la visión para encontrar alimento o evitar a los depredadores

DISTINGUE SCIENTIFIC AMERICAN A LUIS HERRERA



Fotografía: Efrén Díaz

De no haberse dedicado a la investigación hubiera sido bailarín profesional, pero Luis Rafael Herrera Estrella, Director de la Unidad de Genómica Avanzada, mejor conocida como Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (Langebio), decidió enfocar su camino hacia la ciencia, labor que le permitió recientemente cosechar un logro más: ser reconocido por la revista *Scientific American* como una de las 100 figuras más influyentes a nivel mundial en el campo de la biotecnología.

Dicha revista, una de las publicaciones de divulgación científica más prestigiosas del mundo, destacó su trabajo en el desarrollo de semillas genéticamente modificadas para el campo mexicano, que reducen el costo de producción y el impacto ambiental negativo de la agricultura mediante la disminución del uso de agroquímicos. Al respecto, el investigador del Cinvestav ha señalado que: "debido a la falta de información y a la oposición de los grupos antitecnología, su potencial todavía no se ha logrado".

Luis Herrera Estrella es pionero en el establecimiento de la ingeniería genética como una herramienta indispensable para el estudio de la biología vegetal, ha producido variedades genéticamente modificadas, resistentes a bacterias patógenas, logrando con estos resultados incrementar la producción de los cultivos agrícolas. Ha participado en la secuenciación del genoma del maíz palomero, el chile, el aguacate, la planta carnívora y el oso polar, entre otros.

En 2015 también fue distinguido como uno de los seis académicos con el más alto desempeño en instituciones de educación superior mexicanas, de acuerdo con el *ranking Webometrics*, elaborado por el Laboratorio de Cibermetría del Consejo Superior de Investigación Científica de España. Debido a su gran trayectoria, fue nombrado catedrático de la Universidad de Beijing, donde impulsará trabajos de investigación sobre modificación genética de semillas de arroz y sorgo.

(Luisa Miranda B.)

ANTONIETA FERNÁNDEZ, BECA L'OREAL 2015

Por sus estudios para obtener compuestos útiles en la industria agropecuaria y farmacéutica a partir de biomoléculas orgánicas complejas, María Antonieta Fernández-Herrera, investigadora del Cinvestav Unidad Mérida, fue galardonada con una de las cinco becas L'Oréal-UNESCO Mujeres en la Ciencia 2015.

Fernández-Herrera, adscrita al Departamento de Física Aplicada, fue reconocida en el área de Ciencias Naturales por el trabajo de caracterización, síntesis y estudio teórico de biomoléculas derivadas de carbohidratos, esteroides y aminoácidos.

La joven científica y sus colaboradores buscan producir nuevas moléculas –derivadas de compuestos orgánicos– que no existen en la naturaleza y luego evaluar sus propiedades biológicas contra el cáncer, los hongos, la inflamación, la corrosión, así como su papel en el crecimiento de las plantas.

"Nuestro trabajo consiste en mimetizar (con biomoléculas) lo que ofrece la naturaleza con los grupos funcionales que ya existen, pero tratando de potenciar su actividad", explicó la ganadora de la beca de 100 mil pesos que otorga cada año la Academia Mexicana de Ciencias, el Conacyt y la empresa L'Oréal a cinco mujeres científicas menores de 40 años.

(Guillermo Cárdenas)



Fotografía: Guillermo Cárdenas



Fotografías: Héctor de la Peña

ROGER PENROSE

DOCTOR *HONORIS CAUSA* POR EL CINVESTAV

Por sus contribuciones a la física y las matemáticas, que han ayudado a esclarecer enigmas como el origen del universo y la conciencia, el científico inglés Roger Penrose recibió el pasado 4 de noviembre el doctorado *Honoris Causa* del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav).

El Profesor Emérito de matemáticas en la Universidad de Oxford, miembro de la Royal Society y ganador del Premio Wolf en Física junto con Stephen Hawking —con quien ha colaborado en el estudio de las singularidades que se forman en los hoyos negros— fue reconocido en una ceremonia efectuada en el auditorio Arturo Rosenblueth del

Cinvestav Unidad Zacatenco, en la que participaron autoridades e investigadores de esta institución.

Al término de la investidura académica, encabezada por autoridades del Cinvestav y miembros de la Comisión de Ciencia y Tecnología de la Cámara de Diputados, Penrose dictó una conferencia magistral donde abordó su Teoría de los Twistors (proyección de objetos geométricos en un espacio de cuatro dimensiones), la cual propuso en 1967.

“La investigación de Roger Penrose nos ha llevado a entender cuál es el origen del universo y de la conciencia humana; es un gran honor que

Es uno de los científicos más importantes de nuestro tiempo, debido a sus estudios sobre las singularidades que se forman en los agujeros negros

haya aceptado esta distinción”, comentó José Mustre de León, Director General del Cinvestav, quien destacó que en los 54 años de existencia de esta institución, sólo se han otorgado cinco doctorados *Honoris Causa*.

Por su parte, Diego Ricardo Félix Grijalva, Secretario Académico, recordó que Roger Penrose es uno de los pensadores más influyentes de nuestro tiempo, quien a través de su Teoría de los Twistors ha intentado unificar los conceptos físicos de relatividad y de mecánica cuántica.

Félix Grijalva mencionó que los intereses de estudio del galardonado han abarcado múltiples campos de la ciencia moderna. En especial, señaló las aportaciones del científico británico en áreas como la geometría, además de su profundo trabajo en materia de relatividad, que ha sido factor fundamental para nuestra comprensión de los agujeros negros.

El Secretario Académico del Cinvestav refirió que desde principios de los años 70 el físico inglés descubrió que una superficie plana puede ser completamente cubierta con baldosas en una forma asimétrica no repetitiva utilizando sólo dos figuras. A este hallazgo se le denomina teselación de Penrose.

Los razonamientos de Penrose referentes a la proyección de espacios geométricos han tenido gran influencia en la labor de investigadores del Departamento de Matemáticas del Cinvestav como Elías Micha y Ernesto Lupercio (ambos estudian problemas de topología diferencial y algebraica), así como en el trabajo de Bogdan Mielnik, del Departamento de Física.

Mielnik, quien participó en la ceremonia, se refirió a las aportaciones del científico británico. “Penrose nos liberó de esta visión de pesadilla de un universo que explotó de la nada, rompiendo la simetría de la nada, que es perfecta y también el principio de la mínima acción”.

El nombrado Investigador Emérito del Cinvestav en 2012, recordó las aportaciones de Penrose al estudio de la conciencia humana, a la cual considera como un fenómeno simple que implica interacciones cuánticas (que sólo se manifiestan en el mundo subatómico) en las redes neuronales. Esta postura —dijo— ha sido criticada por varios científicos y neurólogos, quienes replican que las células cerebrales son macroscópicas y por ende, están sujetas a los principios de la mecánica clásica.

Sin embargo, añadió el experto de origen polaco, este argumento de los críticos de Penrose



Hay quien me pregunta, cómo puedo explicar de forma sencilla mi Teoría de los Twistors, y la mejor forma que he encontrado es con un triángulo imposible

también es incorrecto, pues los instrumentos utilizados para medir los fenómenos cuánticos son igualmente macroscópicos.

Junto con otro célebre físico, también británico, Stephen Hawking, Penrose ha demostrado que las singularidades —es decir, los puntos donde la densidad de la materia y la curvatura del espacio-tiempo se vuelven infinitos— pueden formarse como resultado del colapso de estrellas muy masivas.

El científico galardonado, autor de libros como *La nueva mente del emperador*, *Las sombras de la mente* y *Los ciclos del tiempo*, reconoció que aceptó gustoso la nominación al doctorado *Honoris Causa*, realizada por investigadores del Departamento de Matemáticas del Cinvestav.

Durante su conferencia magistral, el también ganador de la medalla Albert Einstein comentó que las ideas que originaron su Teoría de los Twistors surgieron al menos, hace dos siglos.

A la ceremonia de otorgamiento del *Honoris Causa* asistieron también el diputado José Bernardo Quezada Salas, Presidente de la Comisión de Ciencia y Tecnología de la Cámara Baja, así como el Secretario General del Instituto Politécnico Nacional, Julio Mendoza Álvarez, entre otros distinguidos invitados. ☺

(Guillermo Cárdenas)

RED MEXICANA DE VIROLOGÍA

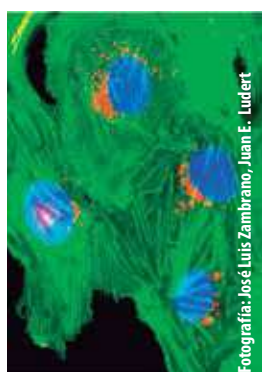
UN FRENTE CONTRA LOS VIRUS



Lorena Gutiérrez-Escolano
Departamento de Infectómica
y Patogénesis Molecular
alonso@cinvestav.mx



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



Fotografía: José Luis Zambano, Juan E. Ludert

Células en cultivo infectadas con rotavirus teñidas por inmunofluorescencia. El rojo visualiza las fábricas virales ubicadas en el citoplasma. En verde, las fibras de estrés formadas por los filamentos de actina en respuesta de la célula a la infección. En azul los núcleos celulares

Las enfermedades virales representan una amenaza constante e importante para la salud pública global debido a la falta de condiciones y recursos para su control, prevención y erradicación, así como al surgimiento de variantes de virus conocidos o novedosos, asociados a enfermedades no descritas previamente.

Los cambios en la conducta humana también han favorecido la aparición de nuevas enfermedades virales o el resurgimiento de otras. Ejemplo de ello son algunos padres que han decidido no vacunar a sus hijos, lo que ha influido directamente en el surgimiento de brotes de enfermedades virales, como el de sarampión, ocurrido en enero-febrero de 2015 en Estados Unidos.

Para hacer frente a estas emergencias sanitarias es necesaria una respuesta concertada del gobierno y los sectores privado y académico. Por ello, científicos de todo el país han decidido unir esfuerzos para crear la Red Mexicana de Virología, coordinada por investigadores del Cinvestav a fin de generar los elementos de coordinación y vigilancia que permitan anticipar este tipo de brotes.

De acuerdo con Rosa María del Ángel Núñez, Jefa del Departamento de Infectómica y Patogénesis Molecular del Cinvestav, y coordinadora de la recién creada Red, la experiencia con la pandemia de influenza H1N1 de 2009 dejó en claro la necesidad de una mejor capacidad de respuesta por parte de la comunidad virológica nacional, en parte por el bajo número de grupos de investigación que hay, y también por la desvinculación que existe entre ellos.

“No es posible responder a las crisis mediante el desarrollo de métodos diagnósticos, antivirales o vacunas, a la mitad de las mismas. Es necesario planear con anticipación los proyectos estratégicos que hay que impulsar, las acciones que hay que emprender para fortalecer la investigación, la formación de recursos humanos, el desarrollo

tecnológico y la divulgación de la virología”, dijo Del Ángel Núñez, de ahí el interés por crear esta Red.

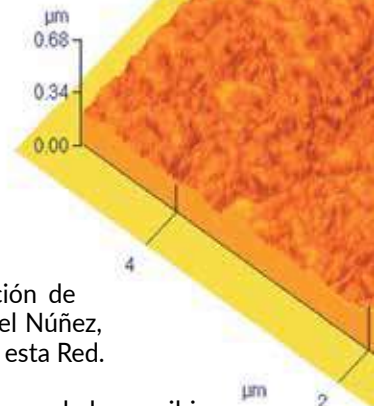
La científica explicó que una de las posibilidades que brinda esta iniciativa es conocer cuáles virus podrían emerger de especies con las que tenemos contacto, anticipando el salto zoonótico (origen animal).

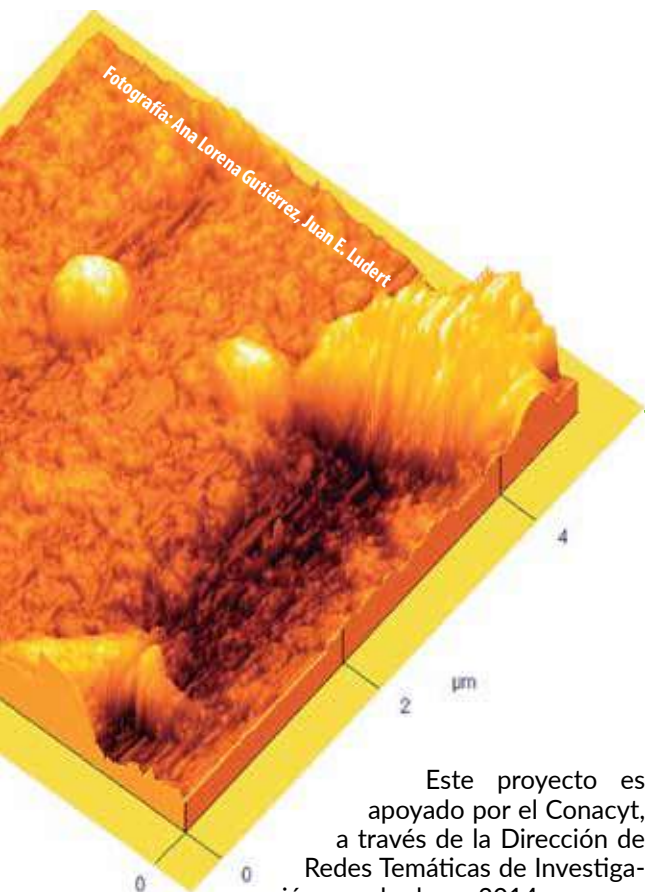
Otra de las metas es estar al tanto del estado del arte de la virología en México; en particular ubicar quiénes, dónde y qué virus se trabajan en el país, qué infraestructura tienen los grupos que hacen virología, cuáles son los proyectos con los que trabajan, así como generar líneas de investigación que permitan atacar problemas nacionales prioritarios relacionados con virus.

También se busca apoyar la generación de recursos humanos de alta calidad en el área de virología. Esto se realiza a través de la organización de congresos, cursos de virología básica y de nuevas técnicas empleadas en la materia, al apoyar el intercambio académico de estudiantes entre instituciones para aprender nuevas metodología y sistemas.

Para hacerse miembro de la Red Mexicana de Virología, los interesados deben registrarse en el sitio <http://redviromex.ibt.unam.mx/> y responder el cuestionario. Está abierta para que se puedan integrar todos aquellos individuos que realicen actividades profesionales relacionadas con la virología (investigación, docencia, vigilancia, salud pública o privada, entre otras).

Rosa María del Ángel Núñez, del Cinvestav, actualmente coordina a los 16 miembros fundadores de la Red que laboran en el Instituto de Biotecnología y la Facultad de Medicina Veterinaria de la UNAM, y las universidades Autónomas del Estado de Morelos, Autónoma de Nuevo León, Autónoma de Yucatán, Veracruzana, Autónoma de la Ciudad de México y la Escuela de Medicina y Homeopatía del IPN.





Este proyecto es apoyado por el Conacyt, a través de la Dirección de Redes Temáticas de Investigación, aprobado en 2014.

Los virus que afectan en mayor porcentaje a la población mexicana y sobre los que se pondrá mayor énfasis son: VIH, dengue, Chikungunya, varicela, herpes, rotavirus y calicivirus causantes de gastroenteritis, papilomavirus, hepatitis A, B y C, influenza, virus sincicial respiratorio y rinovirus, en humanos. En animales, los que representan un problema importante de infecciones son el virus de la mancha blanca de camarón, los parvovirus, el virus de Aujeszky, virus de la diarrea bovina y la influenza aviar, entre otros.

LOS VIRUS, UN RETO PARA EL SISTEMA DE SALUD

Los virus pueden ser definidos puntualmente como agentes infecciosos, ultramicroscópicos (no visible con los microscopios ordinarios), inertes metabólicamente, que sólo se replican en las células vivas. Sin embargo, estas pequeñas partículas compuestas de un ácido nucleico, una cubierta de proteína y, en los tipos más complejos, una envoltura membranosa, constituyen hoy en día uno de los retos más difíciles para los sistemas de salud humana y agropecuaria.

Dado que la información genética que contienen es muy limitada (solamente codifican para un número limitado de proteínas), los virus secuestran a la maquinaria celular y utilizan a los componentes de las distintas vías metabólicas para generar nuevas partículas virales, lo que provoca, en muchos casos, la muerte de la célula hospedadora.

Todas las formas de vida en la Tierra (bacterias, parásitos, hongos, plantas y animales) son susceptibles

Dos partículas del calicivirus (flechas negras) obtenidas con un microscopio de fuerza atómica donde se observa su forma esférica y la medición de su tamaño (30 nanómetros)

de ser infectadas por virus y, aunque algunos no parecen causarles daño, muchos otros producen un espectro de enfermedades que van desde las imperceptibles hasta las mortales.

Las infecciones virales han marcado el curso de la historia de la humanidad; cuando los seres humanos conformaron comunidades sedentarias más densamente pobladas, estos patógenos afectaron la salud de las plantas, del ganado y de sus habitantes. Con el tiempo, lograron propagarse y se convirtieron en un problema endémico, en ocasiones con consecuencias devastadoras.

Los virus han sido uno de los generadores más importantes de epidemias letales como la viruela, que si bien es la pandemia que ha causado mayor número de muertes en la historia de la humanidad, afortunadamente hoy en día se considera erradicada. El sarampión y la gripe española de 1918 también representan dos de las pandemias virales más graves del mundo moderno y, recientemente, el ébola, la hepatitis C, la poliomielitis, la infección por VIH y las transmitidas por mosquitos, como el dengue y el Chikungunya.

Hoy en día, y a pesar de los avances en el control de las enfermedades que nos afectan, los virus siguen siendo un reto para la salud humana. El incremento de enfermedades de reciente aparición producidas por estos patógenos, así como el resurgimiento de otras que se consideraban controladas y que han reaparecido, conocidas como enfermedades emergentes y reemergentes, continúan, al igual que en los orígenes de la humanidad, afectando a nuestras sociedades actuales.

Los principales factores que han influido en la aparición de las enfermedades emergentes y reemergentes virales se han relacionado con los cambios ambientales, el hacinamiento de las poblaciones humanas, la elevada migración y la estrecha relación con comunidades animales tanto de granja como de aquellas que habían permanecido aisladas en sus hábitats naturales, entre otros.

A pesar de los esfuerzos para la creación de fármacos antivirales y vacunas contra las enfermedades virales, son muy pocos los que han contribuido en su prevención y control de manera eficaz. Las enfermedades emergentes y reemergentes son una de las consecuencias de la globalización, ya que un brote de una enfermedad viral en un país determinado puede convertirse en una situación de emergencia sanitaria para el mundo entero. Es por ello que se requiere de un compromiso conjunto entre los gobiernos, las autoridades de salud, las sociedades científicas y la comunidad internacional, para poder desarrollar estrategias efectivas que limiten el daño, desarrollen métodos de diagnóstico, drogas antivirales y vacunas, evitando la propagación de estas enfermedades que acosan a la humanidad. 

AGRICULTURA SOSTENIBLE

BASADA EN BIOCONTROL DE PLAGAS



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

El aroma de las hierbas recién arrancadas de la maleza en los campos silvestres o las esencias florales que los publicistas asocian denodadamente con la frescura, han sido fuente de inspiración para músicos, pintores y poetas bucólicos de todas las épocas y regiones.

Pero el papel de esos olores no se limita sólo a detonar sensaciones placenteras a través de las vías olfativas: desde hace milenios, la mayoría de las plantas silvestres los utilizan como señales naturales de alerta para defenderse de plagas, depredadores y enfermedades.

“Todos sabemos que al ser cortado, el pasto emite un aroma muy peculiar, pero ¿quién se imaginaba que este olor sirve como señal de peligro para otras plantas?” Pregunta el investigador Martin Heil, jefe del Laboratorio de Ecología de Plantas del Cinvestav Unidad Irapuato.

Estos olores son producidos por Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) que tienen un papel

muy importante en el sistema inmunitario de las plantas. Lo mismo sucede con el llamado Néctar Extra Floral (NEF) —liberado en los tallos y las hojas— cuya función principal es atraer insectos “benéficos” que se alimentan con los depredadores de esas especies vegetales.

El papel protector de esas sustancias ha sido ampliamente documentado en la literatura científica desde la década de los 80, en las áreas de biología, botánica y ecología.

Gracias a estos estudios se sabe que el proceso de domesticación de plantas, iniciado hace unos 10 mil años y que permitió mejorar características como su sabor, textura y contenido nutricional, produjo paralelamente la pérdida de esas cualidades defensivas que aún poseen sus ancestros silvestres.

Por ello, Martin Heil busca que los cultivos modernos de interés agroeconómico —como frijol, sorgo o maíz— expresen esos antiguos rasgos protectores (proceso conocido en inglés como *rewilding*). Su meta es optimizar el rendimiento y mejorar la resistencia de las plantas ante depredadores e infecciones, pero sin utilizar pesticidas o fungicidas que ponen en riesgo al ambiente o la salud humana.

“Proponemos que el cultivo de los productos para mejorar su capacidad de interacción en las

PERFUMES PROTECTORES

A través de cruas selectivas, el equipo de investigadores del Cinvestav Unidad Irapuato pretende inducir en cultivos de frijol la liberación de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y Néctar Extra Floral (NEF) en tallos y hojas que actúan como medios de defensa natural en las plantas silvestres



CON OLOR A HIERBA...

Hay dos clases de sustancias que segregan las plantas como mecanismo de defensa natural ante infecciones o para alejar a sus depredadores.

Néctar Extra Floral (NEF): Su función principal es atraer insectos benéficos que atacan a los depredadores de las plantas (defensa indirecta).

Compuestos Volátiles Orgánicos (COV): Sirven como sistema de señalización natural cuando las plantas son dañadas por un herbívoro, para alertar a sus vecinas. También pueden tener un papel similar al NEF. Algunos de ellos desencadenan efectos repelentes o antimicrobianos (defensa directa).

cadena trófica, así como su resistencia directa a herbívoros y patógenos mediada por sustancias volátiles puede contribuir a la agricultura sostenible", escribe Heil en un artículo publicado con colaboradores internacionales en la prestigiada revista *Trends in plant science*.

Destacan la existencia de otros compuestos en las plantas que podrían aprovecharse como mecanismos de defensa directa por sus propiedades anti-infecciosas o repelentes. "Algunos COV verdes que son rápidamente liberados en respuesta al daño poseen efectos antimicrobianos directos y proveen una resistencia inmediata a la enfermedad, tanto en las plantas afectadas como en sus vecinas", se menciona en el artículo.

Ponen como ejemplo la producción de un COV, el metilsalicilato, considerado como el equivalente del ácido acetilsalicílico (el principal compuesto de la aspirina) en las plantas, ya que les brinda protección contra los patógenos de origen biológico. Paradójicamente, estos compuestos no han sido aprovechados para mejorar la agricultura.

"Se han hecho muy pocos esfuerzos de manera consciente para usar los COV o el Néctar Extra Floral para propósitos de control biológico de plagas; hasta donde sabemos, la agricultura clásica nunca se ha enfocado a mejorar estas formas de defensa contra los herbívoros", escriben los científicos en el artículo titulado



Fotografía: Efrén Díaz

El investigador Martin Heil busca replicar el mecanismo natural por el cual las plantas emiten “compuestos orgánicos volátiles”, para defenderse indirectamente de otros insectos o plagas

Optimización de cultivos para biocontrol de plagas y enfermedades.

En el Cinvestav Unidad Irapuato, Heil ha puesto en práctica junto con sus colaboradores estos esquemas de cultivo en pequeñas parcelas experimentales de frijol. Así han logrado elevar 30 por ciento el rendimiento del producto y 50 por ciento su crecimiento, todo ello con un menor daño por plagas e insectos invasores.

Este procedimiento para estimular la emisión de COV en el frijol puede usarse para mejorar otros cultivos de interés, como café y maíz, e incluso aplicarse para combatir la plaga del pulgón amarillo, que amenaza con devastar hasta 50 por ciento de las 653 mil hectáreas sembradas con sorgo en el estado de Guanajuato.

Otra alternativa para aprovechar el biocontrol en la agricultura orgánica y que puede beneficiar mucho a los campesinos es utilizar una producción basada en policultivos, pues los expertos del Cinvestav observaron que los COV también influyen en el

crecimiento de las plantas en áreas aledañas. Estas técnicas de producción son probadas en un ciclo agrícola en condiciones reales a partir de diciembre de 2015 en una superficie de 20 hectáreas perteneciente a agricultores en la comunidad de Plazuelas, Guanajuato.

Martin Heil ha calculado que con la introducción de estos novedosos sistemas de cultivo podría reducirse hasta en 20 por ciento el empleo de pesticidas, además de evitarse los peligros asociados con la dispersión de fungicidas e insecticidas en los suelos, pues en México con frecuencia los agricultores carecen del equipo protector necesario para estas labores.

“Estamos investigando estos compuestos específicos que generan resistencia en el frijol. También desarrollamos emisores artificiales que podrían segregar dichos olores de manera controlada para generar una resistencia artificial. Nuestra esperanza es evitar el uso de pesticidas y que pueda producirse este cultivo sin mucha tecnología y a bajo costo”, considera el experto del Cinvestav. ↻



La ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS

felicita a **Avance y Perspectiva**,
revista del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados en su 35 aniversario.

¡Enhorabuena y larga vida!

México, D. F., noviembre de 2015

EL PROBLEMA EPISTEMOLÓGICO QUE

CAMBIÓ A LA CIENCIA MODERNA

Fotografía: Agencia Espacial Europea y colaboración Planck

Lóbulos y chorros de partículas que emanan del agujero negro ubicado al centro de la galaxia. La información submilimétrica fue obtenida con LABOCA en APEX y se muestra en color naranja. Los datos en rayos-X son del Observatorio Chandra y se expone en azul. La información en luz visible es del WFI instalado en el telescopio MPG/ESO ubicado en La Silla, que muestra las estrellas del fondo y el sendero de polvo característico de la galaxia.



Tonatiuh Matos Chassin
Departamento de Física
tmatos@fis.cinvestav.mx

Hace 100 años, el físico Albert Einstein publicó la extensión de su teoría especial de la relatividad a fenómenos gravitacionales. A este nuevo concepto lo llamamos la Teoría General de la Relatividad y tal vez sea la revolución más profunda que ha tenido el pensamiento humano, pues marcó una nueva era en la forma de hacer ciencia. Más sorprendente es concebir que Einstein tenía 26 años cuando publicó estas ideas.

Lo que en realidad Einstein quería, era resolver un problema epistemológico que seguramente le aturdió desde su juventud [1-3]. La predicción más sorprendente de esta teoría es sin duda la expansión del universo. En 1920 el matemático ruso Alexander Friedman encontró que la teoría de Einstein predecía que el universo tenía que ser dinámico pero, en esos años, Rusia vivía una serie de movimientos sociales que no permitieron que esta noticia fuera propagada con la fuerza de su implicación; sin embargo, el resultado fue confirmado por el sacerdote católico belga, el físico George Lemaitre. Einstein y él tuvieron una controversia que se manifiesta en una serie de cartas entre ellos, donde el primero le reprochaba estos resultados.

Albert Einstein introdujo entonces una nueva componente a sus ecuaciones llamada la constante cosmológica, justo para que el universo que se predecía en su teoría fuera estático, como él lo imaginaba. La controversia no terminó sino hasta que el abogado y astrónomo norteamericano Edwin Hubble observó que las galaxias se alejaban unas de otras, y que su velocidad de alejamiento era proporcional a la distancia entre ellas. Esto se puede explicar sólo si el universo está en expansión, justo como las ecuaciones de Einstein lo predecían y en contra de sus deseos. Einstein viajó a Los Ángeles a visitar a Hubble, donde el abogado le demostró sus observaciones, y al regresar aceptó que la constante cosmológica era “la peor metida de pata de su vida”. Sin embargo, en la actualidad hay quienes creemos que quizá no es así, al contrario, tal vez haberla quitado de sus ecuaciones sí lo sea.



Si el objetivo de la ciencia es entender el universo y la materia es todo lo que existe, entonces sólo entendemos menos del 4 por ciento, prácticamente nada, señala Tonatiuh Matos, quien escribió un libro que profundiza sobre el tema

En 1933, los matemáticos Howard Robertson y Arthur Walker redescubrieron los resultados de Friedman y Lemaitre y desde entonces la métrica que explica la expansión del universo se llama la métrica de Robertson-Walker. Actualmente la métrica de Friedman-Lemaitre-Robertson-Walker y sus perturbaciones, conjuntamente con la hipótesis de la existencia de la materia y la energía oscura, son capaces de explicar las mediciones de la estructura a gran escala del universo y las fluctuaciones de temperatura de un cienmilésimo de grado Kelvin de la radiación de fondo proveniente del origen del universo. Resultados indiscutiblemente espectaculares.

Sin embargo, en los últimos 18 años se han descubierto cosas que ni la teoría de Albert Einstein ni la mecánica cuántica pueden explicar. Las observaciones con nuevos instrumentos han revelado que para poder ser estables, las galaxias necesitan 10 veces más materia de la que se observa con simples telescopios. Es decir, necesitan más materia dentro de ellas para que las estrellas que giran a su alrededor no salgan disparadas. A esta materia se le llama en la comunidad científica materia oscura.

Por otro lado, la fuerza gravitacional es siempre atractiva, al menos esa era nuestra creencia, por eso se espera que si el universo está en expansión, la fuerza de gravedad frene esta expansión constantemente, pero en 1998 el mundo científico se conmocionó al saber que el universo hace cinco mil millones de años se expandía más lentamente que ahora. Es decir, el universo no sólo no se frena, se acelera. ¿Qué puede haber en el universo que acelera a tanta materia? Algunos suponen que es algún tipo de materia a la que llaman energía oscura. Estos

dos tipos de materia desconocida suman más de 96 por ciento de la materia del universo; si el objetivo de la ciencia es entender el universo y la materia es todo lo que existe, entonces sólo entendemos menos del 4 por ciento del universo, prácticamente nada.

En la actualidad existen varias líneas de investigación fundamental concernientes a la gravitación, las cuales buscan encontrar la naturaleza de la materia oscura, de la energía oscura y entender el carácter microscópico de la gravedad. Este último problema nos regresa al original. El mundo microscópico se explica actualmente utilizando la mecánica cuántica, que ha sorprendido por su poder predictivo tanto como la relatividad general. A pesar de eso, un observador es el que determina el colapso de la función de onda que a su vez determina la predicción del fenómeno que observa, situación que nunca le gusto a Albert Einstein, pues debido a que el observador interviene en el fenómeno, este ya no es independiente.

Regresamos al problema epistemológico que dio origen a la relatividad especial. El resultado es que la teoría cuántica no puede ser compatible con la relatividad general así como la conocemos y, aunque hay varios intentos por hacerlas compatibles, aún no se puede decir mucho sobre la viabilidad de alguna de ellas, pero son temas intensos de investigación.

Desde la década de 1920 ha habido en todo el mundo grupos que estudian sistemáticamente la teoría de la relatividad general. En México, este tipo de investigaciones se iniciaron con la llegada de Polonia de Jerzy Plebanski al Cinvestav, en 1962, su investigación se desarrolló muy



rápido gracias a los resultados que obtuvo entre 1973 y 1981, y fue entonces cuando se le unió Alberto García, un chileno que se doctoró en la Universidad de los Pueblos Patricio Lumumba, en la entonces Unión Soviética. Me uní al grupo en 1987, habiendo egresado de la Universidad de Jena, Alemania, y desde entonces ha crecido hasta llegar a 6 miembros que investigamos en temas de gravitación. En la UNAM y en la UAM también se formaron desde los años 70 grupos de investigación, siendo el más numeroso el primero. En 1992 Alfredo Macías, de la UAM; Darío Núñez, de la UNAM, y yo fundamos la División de Gravitación y Física Matemática de la Sociedad Mexicana de Física, que ha jugado un rol importante en el desarrollo de la gravitación en México, siendo el foro mexicano más importante que discute estos temas.

Participé, junto con Alberto Carramiñana del INAOE, José Valdés y Dany Page, de la UNAM, entre otros, en la fundación de la Escuela Mexicana de Astrofísica en 1997, que organizó importantes eventos hasta 2005, cuando varios de los organizadores se volvieron funcionarios en sus respectivas universidades. Actualmente el Instituto de Radioastronomía y Astrofísica de la UNAM, en Morelia, organiza una escuela de astrofísica anualmente.

Más recientemente, en 2007 y con el propósito principal de atacar el problema de la naturaleza de la materia y la energía oscuras, junto con Axel de la Macorra de la UNAM; Jorge Cervantes, del Instituto de Investigaciones Nucleares (ININ); y Darío Núñez, fundamos el Instituto Avanzado de Cosmología que, junto con el premio Nobel 2006, George Smoot, y el Berkeley Center for Cosmological Physics, organiza cada año una

escuela de cosmología en México, donde han participado los cosmólogos más importantes del mundo y asiste gente de todo el orbe. Este instituto es actualmente el foro de discusión de estos temas más importante de Latinoamérica, y la escuela que organiza se ha convertido ya en una referencia mundial.

Así, la investigación de la relatividad general en México está adquiriendo poco a poco madurez. En nuestro país ya se investigan los temas más sobresalientes relacionados con esta disciplina y en algunas directrices existen grupos de investigación bien formados. Por ejemplo, para atacar el problema de la naturaleza de la materia y la energía oscura hay grupos grandes en el Instituto de Astronomía (IA), en el Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) y en el Instituto de Física (IF) de la UNAM. También existe un grupo bien formado en la Universidad de Guanajuato y en el ININ. En la Universidad Michoacana se están desarrollando códigos numéricos para hidrodinámica relativista y relatividad numérica, igual que en el ICN de la UNAM.

En ese mismo instituto, así como en la UAM y la Universidad de Guanajuato hay grupos estudiando el problema de la gravedad cuántica. Además, en el IPN, el Cinvestav, la Universidad de Guadalajara, la Autónoma de Chiapas, la Veracruzana, etcétera, hay gente de gravitación que realizan investigación de vanguardia, en la mayoría de los casos es con investigadores formados en México. Es claro que la década de 1990 fue un detonante de la investigación en la Teoría General de la Gravitación en México y, aunque aún nos falta mucho, no cabe duda de que México está adquiriendo presencia en el mundo en este tipo de investigación. ☺



Bibliografía:

- [1] Einstein, Albert, 1922. *The meaning of Relativity*. Princeton University Press.
- [2] Matos, Tonatiuh y Ureña, Luis, 2014. *La Radiación de Fondo del Universo*. eBook en iTunes.
- [3] Matos, Tonatiuh, 2004. *¿De qué está hecho el Universo?* Serie La ciencia para todos. Número 212 del Fondo de Cultura Económica.

Infografía: Elizabeth Licona y Atzin González

TRAS 100 AÑOS

LA TEORÍA DE RELATIVIDAD GENERAL SIGUE VIGENTE



Hugo García Compeán
Departamento de Física
compean@fis.cinvestav.mx

Después de 44 años de su muerte, Albert Einstein apareció en la portada de la última edición de 1999 de la revista *Time*, que conmemoraba a los personajes que habían cambiado el rumbo de la humanidad en el siglo XX. El ganador del premio Nobel de Física en 1921 era reconocido de esa manera como la persona más representativa y de mayor influencia del siglo pasado, debido a que con sus teorías de la relatividad produjo casi en forma individual una de las revoluciones científicas más importantes y participó fuertemente en la otra revolución, la de la física cuántica, en sus etapas iniciales, junto con Max Planck, Niels Bohr y Arnold Sommerfeld. Hace 10 años, en 2005, se le festejó en todo el mundo por el centenario de lo que es conocido como el *año maravilloso 1905* (*annus mirabilis*), en el cual Einstein publicó cuatro artículos científicos que revolucionaron nuestra forma de ver el mundo [2].

También ha sido uno de los científicos que más influencia han tenido en el siglo XX y lo que va del XXI. Con la introducción de la llamada constante cosmológica, que Einstein calificó como el “error más grande de su vida”, recientemente ha sido objeto de escrutinio intenso en el contexto de la llamada energía oscura, que es una propuesta para explicar una expansión acelerada tardía del universo, posiblemente atribuida a la energía del vacío del contenido de materia. Esta aceleración fue descubierta hace aproximadamente unos 15 años, corroborada más recientemente en una serie de observaciones de Supernovas y confirmada por otras observaciones realizadas por los telescopios espaciales: WMAP y PLANCK.

Por ejemplo, datos recientes del observatorio PLANCK muestran que el contenido de materia ordinaria es sólo de 5 por ciento, el de materia oscura es de 26 y el de energía oscura de 69 por ciento [3]. La explicación de esta distribución es un misterio que nos ha legado la relatividad general (RG) y constituye uno de los problemas más importantes y fascinantes de la física actual.

La gravedad es una interacción cotidiana. Al experimentarla desde que nacemos, apenas notamos su presencia, aunque con el paso de los años se vuelve cada vez más importante. Se manifiesta como una fuerza física, la cual fue descrita matemáticamente por Isaac Newton como una fuerza instantánea (a distancia) entre dos objetos masivos, siendo su intensidad directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de separación entre ellas.

Esta fuerza es de naturaleza únicamente atractiva y, dada su naturaleza vectorial, es acumulativa, de tal forma que actúa sobre todas las partículas que conforman un cuerpo (planeta, estrella, sistema solar, galaxia, cúmulo de galaxias, etcétera) y a distancias astronómicas representa la fuerza dominante en el cosmos. Una característica de la gravitación newtoniana es que en ella el propio espacio y el tiempo son fijos y absolutos. El papel del espacio-tiempo se reduce a ser el escenario inmutable donde ocurren los acontecimientos a través de la fuerza de gravedad. Así, la visión del universo newtoniano es el de una gran caja de zapatos rígida infinita, provista de un reloj que lleva el tiempo universal.

Sin embargo, la teoría especial de la relatividad, formulada por Einstein en 1905, provocó el colapso de la concepción del espacio y tiempo newtoniano universal. Se entendió que las variables espacio-temporales se entremezclan y las cantidades mecánicas como la energía, masa, fuerza y campos electromagnéticos, entre otros, deben cambiar de acuerdo al marco



Fotografía: Telescopio Espacial Hubble, ESA. S. Rodney, Universidad John Hopkins.

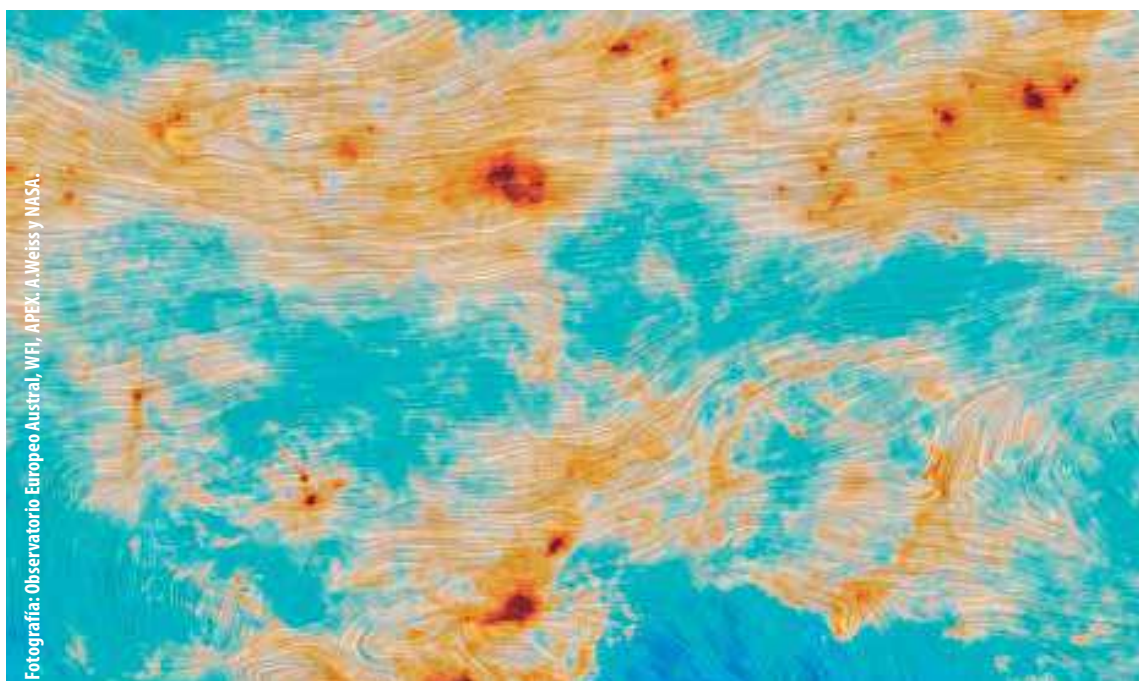
de referencia que se utilice para observarlas. Lo que la distingue de la teoría newtoniana es que la velocidad de propagación de la luz es la misma para todos los sistemas inerciales. Este es un hecho experimental y resulta ser justamente la velocidad máxima a la que las señales físicas pueden propagarse, dando una cota superior a la velocidad con la que se puede establecer una comunicación en nuestro universo.

Una pregunta que se hizo Einstein desde 1907 fue la de buscar la forma de incorporar la gravedad a este esquema. La gravitación newtoniana, al ser una acción a distancia, se propagaba en forma instantánea. ¿Cómo hacer que respetara la cota de máxima velocidad de propagación de la información? Una de sus grandes ideas precursoras y que a la postre catalogó como: "El pensamiento más feliz de su vida" fue el llamado principio de equivalencia [4]; en el cual se asevera que es físicamente indistinguible estar en un campo gravitatorio local que en el espacio libre de campo pero en un sistema acelerado, teniendo justamente la aceleración del campo gravitacional pero acelerándose en sentido contrario a la dirección del campo. Este principio daba una explicación de un hecho ya muy conocido pero

no explicado (o interpretado), de la mecánica de Newton, el de la igualdad de la masa inercial y la masa gravitacional. Dicha situación que ya había experimentado Galileo, como el hecho de que la caída de los cuerpos en un campo gravitatorio era independiente de la masa y tamaño del objeto que cae y de su composición. Una vez que esto es concedido, automáticamente viene dado que la luz no seguirá líneas rectas sino trayectorias curvas en presencia de la gravedad. La formulación final vino dada por Albert Einstein en noviembre de 1915, en cuatro conferencias que dictó en la Academia Prusiana de Ciencias, el 4, 11, 18 y 25 de aquel mes.

La RG es una extensión de la gravedad newtoniana con una descripción propia de la gravitación. A diferencia de la teoría de Newton, donde la acción de la gravedad se manifestaba a través de una fuerza; para Einstein, la gravitación era una manifestación de la curvatura del espacio-tiempo provocada por grandes acumulaciones de energía. Esto da lugar a nuevas predicciones en el régimen donde se consideren campos gravitacionales intensos y la materia se mueva a velocidades comparables con la velocidad de la luz. Aquí la gravitación newtoniana

La imagen muestra el enorme cúmulo de galaxias MACS J1149 + 2223, cuya luz tardó más de 5 millones de años en llegar a la tierra.



Fotografía: Observatorio Europeo Austral, WFI, APEX, A.Weiss y NASA.

La escena representa la formación de estrellas en las olas turbulentas de gas y polvo de la nube molecular de Orión. La imagen se basa en datos del satélite Planck de la ESA, que escaneó el cielo entre 2009 y 2013 para estudiar el fondo cósmico de microondas, la luz más antigua en la historia del Universo. Al hacerlo, Planck también detectó la emisión de primer plano a partir de material en la Vía Láctea, así como de otras galaxias.



Mosaico de la nebulosa de Carina montada a partir de 48 marcos tomados con la cámara avanzada del telescopio espacial Hubble para su mapeo. La información de color se añadió con datos tomados en el Observatorio Interamericano de Cerro Tololo, en Chile. El rojo corresponde al azufre, el verde al hidrógeno y el azul a la emisión de oxígeno

requiere ser sustituida por la RG que contiene a la de Newton como un caso particular. Esta ha sido probada varias veces en diferentes escenarios terrestres, astrofísicos y cosmológicos, cada vez con más precisión, lo que sirve de base para afrontar nuevos fenómenos observados o comenzar nuevas construcciones más allá de la RG. Nuestro conocimiento actual del universo está basado en la RG, se conoce como el *Modelo Estándar Cosmológico* y ha sido verificado con una serie de observaciones recientes independientes [3]. Sin embargo, un régimen de aplicación en donde la RG parece dejar de ser válida es a distancias muy pequeñas, del orden de una sextillonésima de metro, esta es la llamada longitud de Planck. Ese sería el caso del propio *big bang* (la gran explosión) o de estudiar las propiedades cuánticas de hoyos negros.

Se ha observado que tratar de hacer compatible la mecánica cuántica con la RG, utilizando los métodos que han sido exitosos para otras teorías como el electromagnetismo, lleva a inconsistencias matemáticas que no se pueden resolver con dichos métodos. Ante la incorporación del principio de incertidumbre, a muy pequeñas distancias una excitación del propio espacio-tiempo podría producir fluctuaciones violentas de la propia geometría. Estas se manifiestan a través de cambios no suaves del propio espacio-tiempo, produciéndose una “espuma cuántica” (de John Wheeler) que es muy difícil de describir. A dicha escala (Planck) se podría requerir de una nueva formulación

“

Nuestro conocimiento actual del universo está basado en la RG, se conoce como Modelo Estándar Cosmológico y ha sido verificado con una serie de observaciones recientes independientes

con nuevos grados de libertad, que al extrapolar a grandes distancias, de lugar a un espacio-tiempo clásico emergente, tal como fuera descrito por la relatividad general.

Una propuesta teórica que contiene los ingredientes anteriormente descritos, y que es candidata a ser una teoría de gravedad cuántica es la llamada teoría de cuerdas. Esta teoría tentativa busca describir la estructura del espacio-tiempo a muy pequeñas distancias de manera consistente y predictiva. Así, representa una generalización extrema de la RG [5]. La teoría de cuerdas afirma que cerca de la longitud de Planck, los objetos fundamentales no van a ser vistos como partículas, sino como objetos extendidos. Las inconsistencias nocivas antes mencionadas no aparecen en la teoría de cuerdas, lo cual la hace sumamente atractiva como una descripción de la gravedad a nivel cuántico. El tamaño no-cero

de los objetos extendidos permite una descripción de una fase de más alta simetría capaz de remover la fuente de las inconsistencias.

La teoría de cuerdas fue propuesta hace poco más de 45 años y desde entonces ha generado grandes desarrollos teóricos. Uno de ellos es el de la revolución no-perturbativa de la D-branas [6]. Estos son objetos multidimensionales microscópicos que autogravitán y son fuentes intensas de gravedad. Los estados excitados de estas branas en ciertas configuraciones se pueden identificar con los estados microscópicos de ciertos hoyos negros. La termodinámica de estos agujeros puede ser tratada en ese contexto, y representa un tema de investigación actual fascinante. La correspondencia norma/gravedad ha sido también uno de los desarrollos más importantes, ya que considera definiciones no-perturbativas de las teorías de la gravedad cuántica que permite la búsqueda de verificación experimental [7,8].

Finalmente, podemos afirmar que la relatividad general es una teoría que un siglo después de su gestación está completamente viva y más actual que nunca. Tiene múltiples ramificaciones de posibles exploraciones que permitirá entender mejor el universo en el que vivimos, donde la RG sin duda ha jugado un papel central. Una de estas corresponde a la búsqueda de la estructura del espacio-tiempo a nivel microscópico que se empata cada vez más con la búsqueda de los constituyentes fundamentales de la naturaleza y sus interacciones. 

Bibliografía:

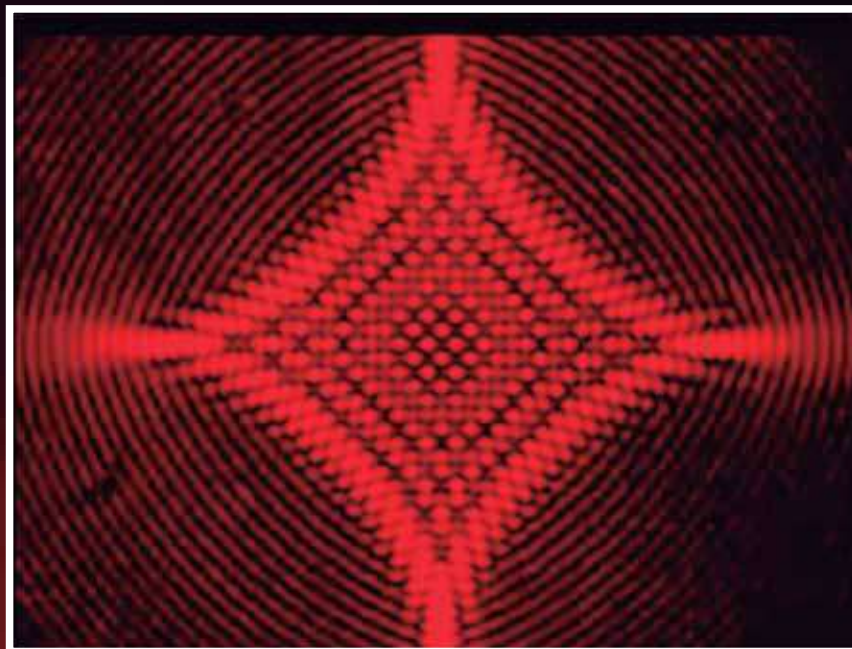
- [1] "100 years of General Relativity", 2015, *Scientific American, Special Issue*, septiembre, Vol. 313, Núm. 3.
- [2] García-Compeán, Hugo y Matos, Tonatiuh, 2004, "La Influencia de Einstein en la Física Moderna, en *Avance y Perspectiva*, octubre-diciembre, Vol. 23, Núm. 4, p. 7-17.
- [3] ESA Science and Technology: Colaboración PLANCK, consultado el 18 de septiembre de 2015 http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Planck.
- [4] A. Pais, 2015, *Subtle is the Lord: The Science and the Life of Albert Einstein*, Oxford University Press, UK.
- [5] Witten, E, 1996, "Reflections on the Fate of Spacetime", *Physics Today*, abril, p. 24-30.
- [6] Witten, E. 1997, "Duality, Spacetime and Quantum Mechanics", *Physics Today*, mayo, p. 28-33.
- [7] Güijosa Hidalgo, A., 2012, "La correspondencia holográfica: una aplicación útil de la teoría de cuerdas", *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*, Vol. 26, Núm. 2, p. 88-99.
- [8] Herrera, G. 2014, *El Higgs: el universo líquido y el Gran Colisionador de Hadrones*, Fondo de Cultura Económica, México.

EL CAMINO DE LA ÓPTICA CONTEMPORÁNEA



Marcelo David Iturbe Castillo
Instituto Nacional de Astrofísica,
Óptica y Electrónica
diturbe@inaoep.mx

La idea popular de que la palabra óptica se refiere al lugar donde se mide nuestra capacidad de visión y se venden anteojos es muy limitada. Uno de los objetivos de este, que es el Año Internacional de la Luz, es hacer llegar a la población en general la idea de que la luz ha influido y lo seguirá haciendo en varios aspectos de la vida cotidiana. Podemos definir la óptica, como aquella ciencia que se encarga del estudio de la luz y su interacción con la materia. La luz es una forma de energía que se propaga a la mayor velocidad posible (300 000 km/s). Por otra parte, la materia es todo aquello que posee masa y ocupa un lugar en el espacio, así que hablar de la luz implica hablar de óptica.



Distribución de intensidad transversal de un haz cóustico invariante en propagación

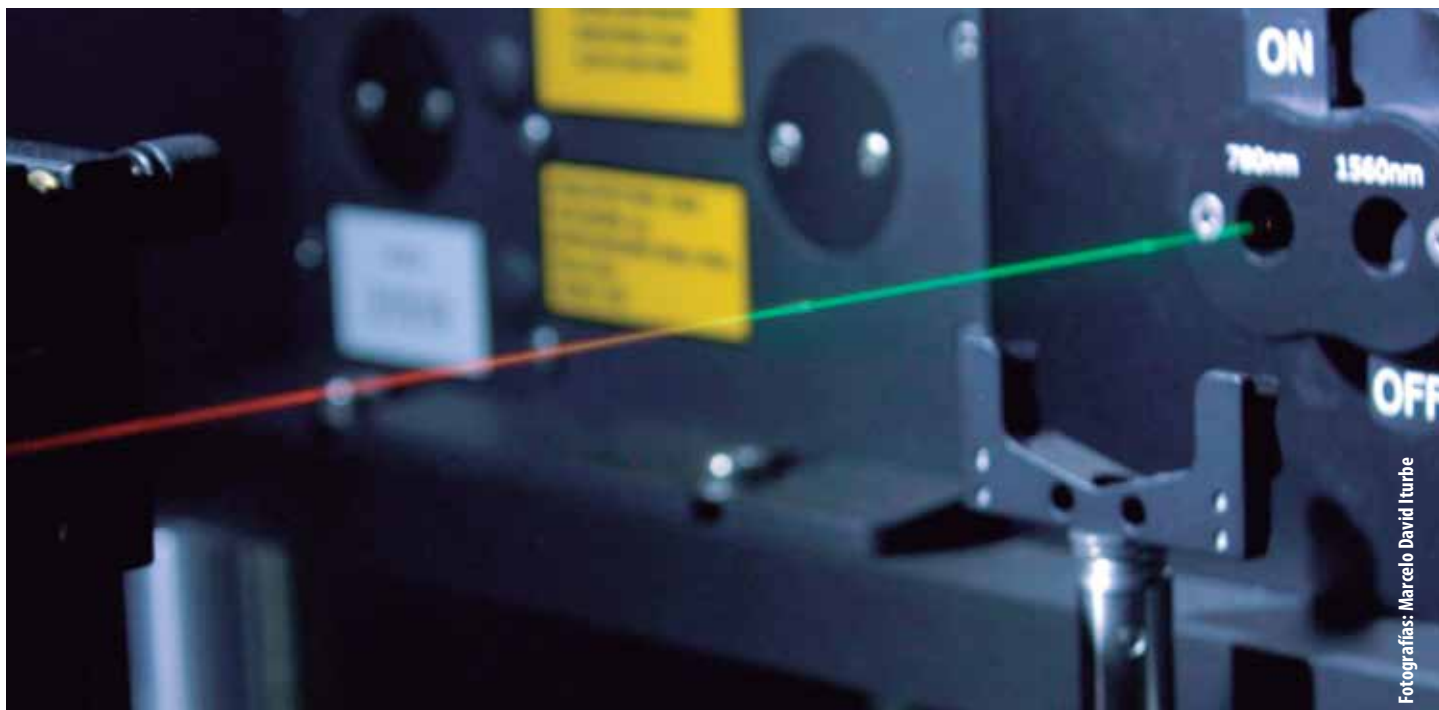
En México, la evidencia de que las culturas precolombinas conocían las leyes básicas de la propagación de la luz se encuentra en algunos objetos arqueológicos: como los espejos olmecas (del año 1000 a. C.) y la pintura mural de los bebedores de la zona arqueológica de Cholula, Puebla, del año 200 de nuestra era. La óptica como disciplina científica en nuestro país se empezó a cultivar con la llegada del primer graduado de doctor en óptica, Daniel Malacara Hernández, en 1965, y actualmente se tienen especialistas en varias de las ramas en la que esta ciencia se aplica.

La luz, proveniente del sol hacia nuestro planeta, permitió que apareciera la vida, así que ha sido fundamental para el ser humano, por lo que hemos desarrollado maneras para controlarla y aprovechar sus propiedades, lo que dio lugar al estudio de la óptica. Es indudable que ese conocimiento ha enriquecido otras actividades humanas, por ejemplo, el desarrollo de instrumentos, como los microscopios, permitió el

avance de la biología y la medicina. También la astronomía se vio beneficiada con el desarrollo del telescopio; sin embargo, el instrumento óptico que ha servido a muchas áreas es el láser. Su invención fue en 1960 y significó una revolución en el estudio de la óptica, de tal manera que está presente en actividades tan contrastantes que van desde el esparcimiento hasta el tratamiento de algunas enfermedades.

El láser es una fuente de luz con características únicas. Podemos decir que su haz es el más puro posible, donde es muy fácil poder evidenciar la doble naturaleza de la luz: onda y partícula (fotones); dependiendo de su intensidad y color variarán los usos que se le puedan dar a esta. Por tanto, podemos decir que óptica contemporánea es aquella que tiene que ver con la generación, control, propagación y detección de luz proveniente de un sistema láser.

Algunas de las áreas donde el láser ha tenido mayor repercusión han sido en la espectroscopía y



las comunicaciones. Actualmente, la alta monocromaticidad de los láseres permite realizar espectroscopias con alta precisión en las regiones visibles, infrarroja y ultravioleta. También ayudó a desarrollar la espectroscopia Raman y la no lineal, en la cual dos o más fotones interactúan con la materia, logrando transiciones no permitidas por las reglas de selección cuántica entre estados con la misma paridad. Otra técnica desarrollada a partir de la invención del láser, es la química láser-inducida (como parte de la fotoquímica), donde la luz sirve como catalizador de algunas reacciones químicas.

De manera notable se han desarrollado técnicas de manejo de partículas de dimensiones microscópicas, conocidas como pinzas ópticas, donde la luz atrapa y controla el movimiento de éstas, y ha permitido el desarrollo de trampas de átomos para generar haces de átomos coherentes. Esto último permitió lograr un nuevo estado de la materia: la condensación de Bose-Einstein. Dichas técnicas permiten manipular pequeñas partículas para escribir y controlar la materia a escalas atómicas y en tiempos tan cortos como el movimiento de los electrones.

Una de las características que presenta la luz es que en ocasiones se comporta como onda y en otras como partícula, y en su propagación sufre de un fenómeno al que se le denomina difracción, el cual se manifiesta cuando un haz de luz de extensión transversal finita se va expandiendo conforme viaja. Es posible usar lentes o espejos para intentar disminuir este efecto; sin embargo, al ser el haz de luz de extensión finita, la física de ondas lo obliga, eventualmente, a expandirse.

En 1980 se descubrió que era factible generar haces circulares de luz que no exhibieran el fenómeno de la difracción, por lo que se les llamó haces adifraccionales o Bessel por su representación matemática. Esto provocó controversias en la comunidad científica debido a que haces de luz sin difracción violan las leyes de la física. A pesar de eso, hasta hoy se les siguen llamando adifraccionales, cuando en realidad sólo son invariantes en una determinada distancia de propagación. Una de las características que hace extraordinarios a estos haces, es que pueden reconstruirse al ser obstruidos parte de ellos, lo que ha permitido el uso de este tipo de distribuciones de luz en la manipulación de partículas y organismos vivos en tres dimensiones en escalas micro y nanométricas. También estos haces pueden tener un frente de onda en forma de tobogán, por lo que pueden poner en rotación microengranes y así crear micromotores.

Cuando la luz que se propaga en un medio y genera una respuesta a la intensidad incidente, entonces el mismo medio hace que la luz se vaya modificando en alguno de sus aspectos, al irse propagando por este. Dicha interacción puede llevar a que cambie de color, su distribución transversal o su duración temporal. Estos cambios pueden ser útiles para alguna aplicación, por ejemplo el desarrollo de nuevas fuentes de luz. Así que dependiendo del tipo de interacción que se dé entre la luz de un sistema láser y un cierto medio, surgen otras subáreas de la óptica como: la no lineal, la integrada, la cuántica, fibras ópticas, fotónica, optoelectrónica, etcétera y las que sigan apareciendo, por lo que en un futuro lo que ahora llamo óptica contemporánea las generaciones venideras llamarán óptica clásica. 

Existen evidencias que las culturas prehispánicas ya observaban las cualidades de la luz

CLAROSCUROS EN LA INVESTIGACIÓN



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

Para Juana María de Lourdes Medina Contreras, estudiante de doctorado en el laboratorio de Guadalupe Bravo, del Departamento de Farmacobiología del Cinvestav, su investigación sobre los efectos de la capsaicina como alternativa contra la obesidad, no tiene nada que ver con la luz, ya que la activación de receptores específicos por este compuesto, que es uno de los principios activos del chile, se evalúan por sus posibles efectos terapéuticos en modelos animales, en este caso, en ratas Wistar obesas.

A Lula, como la llaman sus compañeros en el laboratorio, le extraña la pregunta sobre la importancia que tiene la luz en su proyecto científico, precisa que este elemento no es un factor en su trabajo con animales, pero es necesario controlar los periodos de luz-oscuridad en que se mantienen a los animales.

“En el laboratorio nos aseguramos de que las condiciones en las que viven las ratas estén totalmente controladas y cumplan con los estándares nacionales de calidad (NOM-062); se garantizan 12 horas de luz por el mismo periodo de oscuridad, a fin de evitar el estrés, que es un factor muy importante en el desarrollo y agravamiento de muchas enfermedades”, refiere la estudiante.

A pesar de que no es considerado como un elemento esencial en la investigación, el aprovechamiento de la luz resulta algo

fundamental no solo en el proyecto de Lula Medina, sino en el de muchos otros científicos y tecnólogos alrededor del mundo, que sin este elemento su conocimiento hubiera permanecido en la oscuridad.

Esa fue una de las motivaciones por las que la Organización de las Naciones Unidas decidió conmemorar en 2015 el Año Internacional de la Luz, con lo que busca resaltar la importancia de este elemento y las tecnologías que lo emplean en la vida común de los ciudadanos, así como en el desarrollo y futuro de las sociedades.

Hasta ahora, los resultados que se han obtenido en el laboratorio de Guadalupe Bravo son alentadores. Se ha observado que las ratas mejoran varias alteraciones metabólicas ocasionadas por la obesidad, con lo que se reduce el riesgo de desarrollar Diabetes tipo 2, síndrome metabólico, entre otros.

El mantenimiento de las condiciones controladas de luz-oscuridad contribuye de manera importante a la obtención de estos resultados y permite llegar a conclusiones confiables. De modo que aunque puede advertirse que esta investigación no tiene que ver con la luz, es claro que no podría llevarse a cabo sin ella.

La luz como herramienta o como objeto de investigación es un elemento fundamental para generar conocimiento básico o aplicado



Fotografía: Ana Rosa Calderón



“

Se pudo comprobar que el movimiento de la planta mimosa no sólo se debe a un estímulo físico directo (toque), sino también con excitación por medio de un haz de luz

Sin embargo, existen otros trabajos científicos en los que la luz sí juega un papel predominante. Tal es el caso de la investigación realizada en el Departamento de Ingeniería Eléctrica del Cinvestav, para registrar las señales eléctricas que genera la planta mimosa cuando es estimulada por luz blanca.

El desarrollo, realizado por el estudiante de doctorado, Alberto Hernández Pérez, y el investigador titular, David Elías Viñas, consistió en diseñar e implementar circuitos electrónicos encargados de convertir la actividad electroquímica de la planta mimosa en energía eléctrica con el objetivo de saber los tiempos de reacción ante un estímulo.

De acuerdo con Elías Viñas, este trabajo es el resultado de una colaboración con el Departamento de Biotecnología, también del Cinvestav, y se escogió a la planta mimosa por ser una especie común en nuestro país, pero que además tiene la particularidad de presentar movimiento (cierra sus hojas) al recibir un estímulo externo (cuando se le toca).

“Lo que buscamos con este proyecto fue determinar que las reacciones de la planta mimosa no eran debido a una situación mecánica, sino electroquímica, para lo cual decidimos que la forma de excitar a la planta fuera a través de estímulos luminosos, y no por medio de un toque físico”, sostiene el experto, quien también es miembro del Sistema Nacional de Investigadores.

La investigación pudo comprobar que al colocar la fuente de luz blanca (a través de LEDs a una distancia de 3 centímetros de una hoja de la planta, esta responde tan solo 17,33 segundos de haber iniciado el estímulo, con lo que se pudo comprobar que el movimiento de la planta mimosa no sólo se debe a un estímulo físico directo (toque), sino también con excitación por medio de un haz de luz.

Para obtener los resultados, Hernández Pérez diseñó una cámara oscura de acrílico negro con 5 milímetros de espesor donde la planta no recibiera luz ni ruido; en su interior se colocó la lámpara de luz LED blanca de 590 luxes de intensidad, 24 lúmenes de flujo luminoso y 140 grados de ángulo en apertura luminoso. Además, se situaron electrodos de aguja al tallo de la planta a fin de capturar las señales eléctricas.

“Decidimos utilizar luz blanca por ser lo más parecido a la que brinda el sol”, sostiene Elías Viñas, al tiempo que reflexiona sobre la importancia que ha tenido la luz en sus experimentos: “Es un elemento (la luz) que se toma como un parámetro que está ahí; uno está acostumbrado a que haya sol, luz, y no se pone a pensar que sin ella y sin oscuridad no habría vida. Creo que la planta mimosa también nos da idea de la importancia que tiene la luz en la vida”.

En efecto, la luz no ha acompañado a la humanidad, sino que la ha hecho posible. Y lo que con ella se puede hacer es de gran utilidad para el

confort de las personas. Eso busca la investigación que **Ciro Falcony Guajardo** desarrolla en el Departamento de Física del Cinvestav.

Se trata de un mejoramiento en materiales conversores de luz de dispositivos LED que sean capaces de emitir luz blanca con la suficiente eficiencia para iluminar espacios públicos amplios a través de materiales capaces de convertir una luz ultravioleta, producida por LED, en una luz blanca que permita modular diferentes tonalidades para usos diversos y que supere la emisión azulosa de poca potencia que actualmente poseen los LEDs comerciales.

Los materiales luminiscentes analizados por **Ciro Falcony Guajardo** consisten en tres óxidos metálicos que se emplean como una matriz, donde se introduce un centro luminiscente compuesto por tierras raras, conocidas como emisoras de luz muy eficientes.

De acuerdo con el miembro de la Sociedad Estadounidense de Física, las características de las tierras raras y de los óxidos metálicos que emplea en el proyecto es que son altamente estables y mecánicamente resistentes, ya que no se descomponen fácilmente, resisten mucho calor e irradiación y con ello podrían ser útiles en la conversión para iluminación de lámparas ambientales, en medios en los que se requiere una alta intensidad de iluminación.

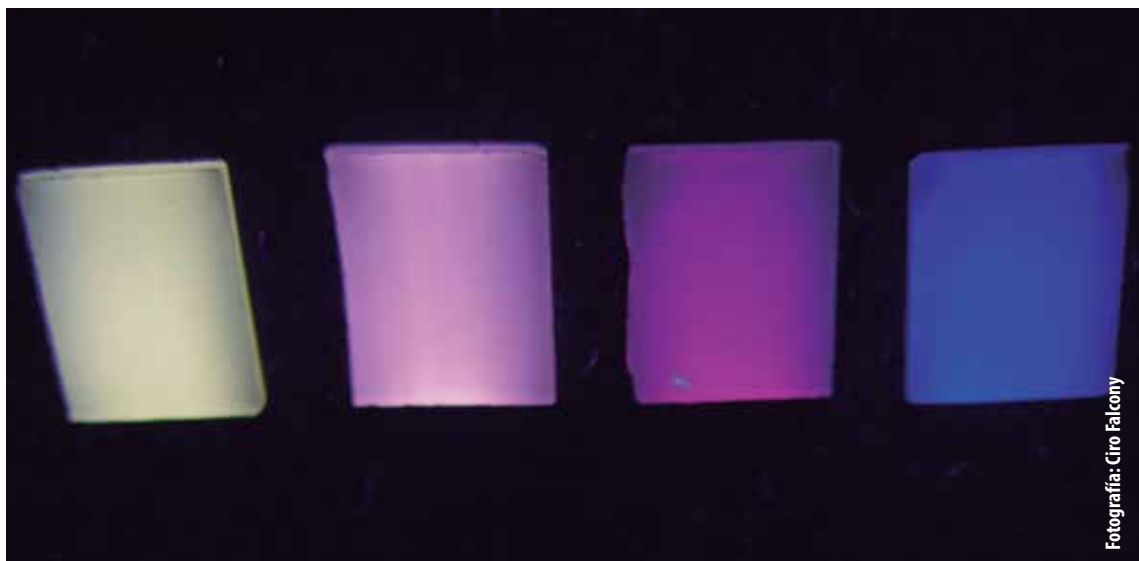
“Se estima que en un plazo aproximado de 30 años todas las lámparas usadas en la iluminación ambiental y de lugares públicos serán sustituidas por una nueva generación de lámparas que actualmente están en desarrollo, es ahí donde nosotros esperamos incidir, mediante la innovación de materiales luminiscentes utilizables en esta nueva tecnología”, concluye **Falcony Guajardo**.

¿Por qué celebrar a la luz?

El Año Internacional de la Luz es resultado de una resolución aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas el 20 de diciembre de 2013, donde se consideró destacar la importancia que la ciencia y la tecnología de la luz han aportado para proporcionar acceso a la información y aumentar la salud y el bienestar de la sociedad.

Asimismo, se consideró al año 2015 debido a que coincide con los aniversarios de una serie de hitos importantes en la historia de la ciencia de la luz, entre ellos la labor sobre la óptica del matemático y físico musulmán **Ibn Al-Haytham** (conocido en Occidente como **Alhazen**) en 1015; la noción del carácter ondulatorio de la luz propuesta por **Augustin Fresnel** en 1815; la teoría electromagnética de propagación de la luz formulada por **James Clerk Maxwell** en 1865; la teoría de **Albert Einstein** del efecto fotoeléctrico en 1905 y de la incorporación de la luz en la cosmología mediante la relatividad general en 1915; el descubrimiento del fondo de microondas del cosmos por **Arno Allan Penzias** y **Robert Woodrow Wilson**, y los logros alcanzados por **Charles Kao** en la transmisión de luz por fibras para la comunicación óptica, estos dos últimos en 1965.

La organización del Año Internacional de la Luz está apoyada por el Consejo Internacional para la Ciencia (ICSU, por sus siglas en inglés), además de distintas organizaciones científicas y socios estratégicos de más de 85 países, entre los que figura México, Argentina, Turquía, Japón y Estados Unidos. Como parte de sus actividades se realizan exposiciones, conferencias y congresos alrededor del mundo durante todo 2015, hasta llegar a su conclusión en enero de 2016. 



Fotografía: **Ciro Falcony**

Los dispositivos LED propuestos por **Ciro Falcony Guajardo** buscan convertir una luz ultravioleta en luz blanca con la suficiente eficiencia para iluminar espacios públicos, y que a su vez permita modular diferentes tonalidades a fin de tener diversos usos

FICCIÓN CIENTÍFICA Y RELATIVIDAD GENERAL*

Bogdan Mielnik

El difícil estatus de la ficción

Existe una relación confusa entre la ciencia y la ficción. Esta última se nos revela con frecuencia víctima de críticas y reproches. Algunos dicen que la ficción va demasiado lejos y por eso pierde relación con la realidad. Otros sostienen que la realidad es siempre más rica que la ficción (lo cual implicaría lo contrario: ¡la ficción nunca llega bastante lejos!) Aunque mutuamente contradictorias, estas opiniones son siempre negativas.

Será mi propósito mostrar que la relación entre la ficción y la ciencia es mucho más fértil de lo que generalmente se cree. De hecho, no muy rara vez la ficción científica adelanta a la ciencia. Hay un ejemplo que debería ser famoso.

El nacimiento ilegal de la teoría de la relatividad

Todos conocen la teoría de la relatividad especial, con su noción básica del espacio-tiempo. Uno de los mayores logros conceptuales de esta teoría fue la aserción de que existimos entre sucesos y no entre puntos. Los sucesos forman una variedad tetra-dimensional (espacio-tiempo), en la cual cada objeto tiene una extensión temporal. Así lo que para la física de Newton era un objeto material pequeño, para la teoría de la relatividad es una especie de "gusano largo" que atraviesa el espacio-tiempo desde el pasado hacia el futuro. Asimismo, lo que para la mecánica clásica fue un punto material, para la mecánica relativista es una línea en el espacio-tiempo (la "línea del mundo").

Todos acostumbramos dar el crédito por ello a Albert Einstein, debido a su trabajo histórico de 1905¹. Me permitiré entonces citar unos fragmentos de la novela de H.G. Wells: *The Time Machine*. La discusión que sigue se desarrolla entre el inventor del "vehículo del tiempo" y el grupo de sus amigos, al planear una excursión al futuro.

Dice el inventor:

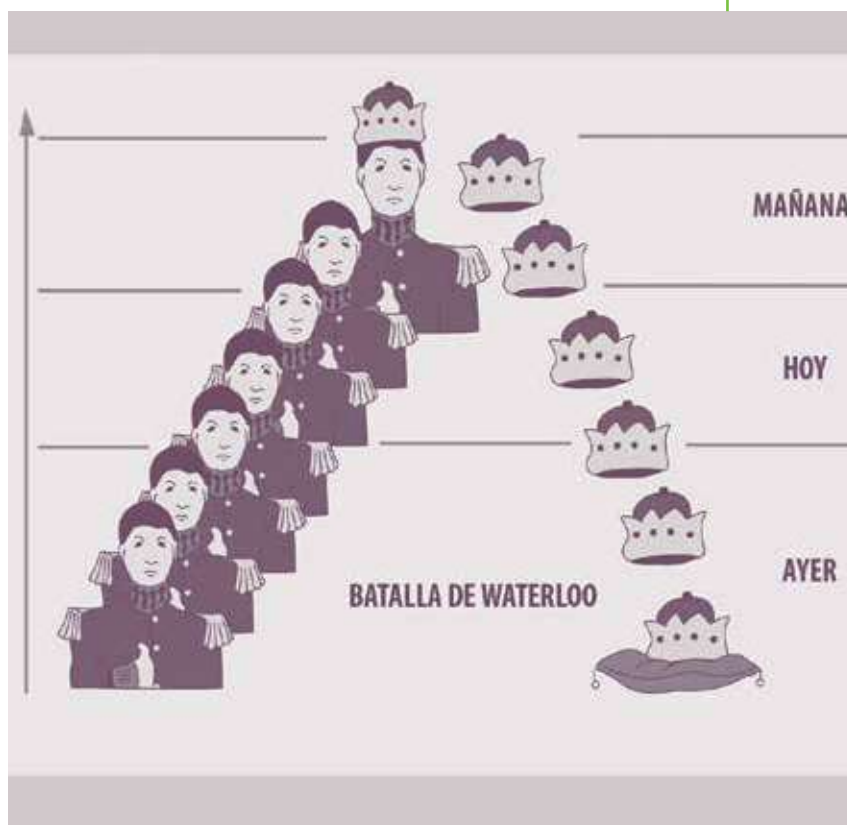
"Saben Uds., por supuesto que la línea matemática, línea sin ancho, no tiene existencia real. Tampoco la tiene un plano matemático. Estas cosas son solamente abstracciones (...). Ni tampoco teniendo sólo longitud, altitud y anchura, un cubo posee una existencia real".

"Aquí protesto" dijo Filby. "Obviamente un cuerpo sólido puede existir".

"Así piensa la mayoría de la gente. Pero espera un momento, ¿Puede existir un cubo instantáneo?"

"No te entiendo", dijo Filby.

El espacio-tiempo como una variedad tetra-dimensional de los sucesos y la idea de la "línea del mundo" de un personaje histórico



“¿Puede un cubo que no dura ningún tiempo tener una existencia real?” (...) “Claramente” continuó el viajero del tiempo, “cualquier cuerpo real tiene que extenderse en cuatro direcciones: tiene que tener Longitud, Altitud, Anchura y Duración”.

En un fragmento siguiente el inventor constata:

“Bien no tengo nada en contra de decirles que trabajé sobre esta geometría de cuatro dimensiones desde hace algún tiempo. Algunos de mis resultados son curiosos. Por ejemplo, aquí está el retrato de un hombre en sus ocho años de edad, otro en los quince, otro en diecisiete, otro en veintitrés, etc. Todos ellos son evidentemente secciones, de hecho, representaciones tridimensionales, de su ser tetra-Dimensional, que es una cosa fija e inalterable”. (H.G. Wells, *The Time Machine*).

Al leer *La Máquina del Tiempo* vale la pena echar

un vistazo a la fecha de la primera edición. La fecha fue: 1895. Resulta entonces que H.G. Wells, un autor de ficción científica, de hecho, tiene prioridad en inventar los conceptos básicos de la teoría de la relatividad, tales como los conocemos hoy (el espacio-tiempo de las 4 dimensiones, las líneas del mundo, etc). Lo hizo 10 años antes de Albert Einstein². ¡Si los físicos en ese entonces hubiesen leído ficción científica, quizás la historia del mundo hubiera tomado un curso diferente! ☺

*Fragmento tomado de Mielnik, Bogdan, 1988. “Ficción científica y relatividad general”, en *Avance y Perspectiva*, Núm. 35, verano 1988, p. 34-40.

Referencias:

1. Albert Einstein, 1905. “La electrodinámica de los cuerpos en movimiento” (*Annalen der Physik* 17, p. 891).
2. Esta anécdota la debo a las discusiones con Constantin Pirón, durante nuestra colaboración en Varsovia, Polonia 1979-1981.

Texto completo:

[http://
avanceyperspectiva.
cinvestav.mx/
Publicaciones/
artmid/4126/
articleid/30](http://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/Publicaciones/artmid/4126/articleid/30)



**FORO
CONSULTIVO
CIENTÍFICO Y
TECNOLÓGICO, AC**

El **Foro Consultivo Científico y Tecnológico A.C.**

Felicita a la Revista *Avance y Perspectiva*, del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav), por sus **35 años** de labor ininterrumpida como órgano de difusión del conocimiento, deseando que los éxitos continúen por muchos años más.

Enhorabuena.

ARTEMISININA E IVERMECTINA DE LOS JARDINES A LOS ANTIPARASITARIOS



Fidel de la Cruz Hernández-Hernández
Departamento de Infectómica
y Patogénesis
Molecular cruzcruz@cinvestav.mx



Aurora Candil Ruiz
Facultad de Medicina de la UNAM
acandil@uas.edu.mx

El premio Nobel 2015 en Medicina fue otorgado en dos partes: a la doctora china Youyou Tu, por la descripción de nuevos compuestos contra la malaria, y a William C. Campbell y Satoshi Ōmura, por el descubrimiento y la aplicación de la ivermectina en contra de parásitos variados.

Llama la atención que en pleno siglo XXI se reconozca la importancia de estos descubrimientos para el combate de enfermedades parasitarias. Existe la percepción de que han sido dominadas gracias a los avances científicos, pero estos organismos han desarrollado múltiples formas de evadir las respuestas de defensa de sus huéspedes. Las enfermedades parasitarias en general se asocian con la pobreza y las desigualdades socioeconómicas determinan condiciones de vida que conducen a que en todo el mundo una mayor población esté en riesgo de adquirir padecimientos causados por parásitos.

La omnipresente malaria y la medicina tradicional china

La malaria (o Paludismo) es históricamente la enfermedad infecciosa más importante del mundo por el número de casos (varios millones) de personas en riesgo. Esta enfermedad es causada en el humano por cinco especies de protozoarios parásitos del género *Plasmodium*, la forma más severa y responsable de las muertes, es causada por *P. falciparum* (700 mil muertes en 2014). Aunque no se ha logrado erradicar la enfermedad, numerosas regiones del mundo, antes con graves problemas,

mejoraron significativamente su situación debido a que se eliminó la malaria (eliminación, definido por la Organización Mundial de la Salud, implica que en una región ya no hay casos ni transmisión activa de la enfermedad, pero se deben aplicar medidas para evitar la reintroducción; tal es el caso de México para la malaria).

Para controlar el paludismo se consideran tres medidas fundamentales: el combate al mosquito vector específico del parásito, el uso de medicamentos y la detección, además del manejo de los pacientes para su tratamiento, evitando que sean fuente de transmisión de parásitos.

El medicamento usado por siglos para el control de la malaria, la quinina, se deriva de un árbol del género *Chinchona*, originario del Perú. En la actualidad, el compuesto activo se sintetiza artificialmente y, como pasa con los antibióticos, los parásitos han desarrollado resistencia en varias partes del mundo, por lo que en el laboratorio se buscan variantes químicas. Sin embargo, la resistencia del parásito *Plasmodium* a la quinina ha ido en aumento, por lo que la investigación de otros compuestos activos se realiza en muchas partes del mundo.

Una estrategia para la búsqueda de nuevos principios farmacológicamente activos es estudiar los recursos naturales. Curiosamente la historia del descubrimiento y uso actual de la artemisinina empezó durante la guerra de Vietnam, cuando la malaria afectaba fuertemente a los bandos contendientes. La investigación por el ejército estadounidense llevó al desarrollo de la mefloquina, compuesto curativo en una sola



dosis. Los norvietnamitas buscaron la ayuda del gobierno chino del presidente Mao, quien ordenó la investigación de antimaláricos, con un proyecto secreto llamado Proyecto 523, donde participaron 500 científicos, y cuya estrategia fue investigar la medicina tradicional del país.

Dado que los resultados fueron un secreto militar, no había a quién atribuir el descubrimiento pero, después de indagar, se llegó a la conclusión de que el crédito es de Youyou Tu, líder del grupo de investigación en malaria del Institute of Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences (CACAMS). El equipo de trabajo encontró los principios activos de la planta Qinghaosu, utilizados en la medicina tradicional china. Se trata de la artemisinina, que tiene efecto realmente significativo en el tratamiento de la malaria, y es la alternativa actual contra los parásitos resistentes a la quinina y sus derivados. Sin embargo, en esta "carrera armamentista" de los parásitos contra la medicina, actualmente se han reportado poblaciones de parásitos resistentes a los derivados de la artemisinina, por lo que, a pesar del enorme mérito del descubrimiento y aplicación de estos medicamentos, el esfuerzo de búsqueda de nuevos compuestos debe continuar.

Del suelo japonés a un fármaco multiusos

Satoshi Omura era el líder de un grupo de investigación en el Instituto Kitasato de Japón durante un proyecto de varios años, en colaboración con Merck Research Laboratories (Rahway, NJ, USA), cuyo objetivo era buscar en organismos silvestres del suelo, la presencia de agentes terapéuticos útiles en medicina veterinaria. El análisis del producto de la fermentación de *Streptomyces avermectinus* lo realizó el investigador veterinario William Campbell, quien aisló un primer compuesto llamado avermectina B1,

del cual se derivó posteriormente la ivermectina. Al inicio se estudió su efecto contra parásitos nemátodos (gusanos) que afectan el intestino del perro, con excelentes resultados. Posteriormente, con la ivermectina se trató con éxito contra el gusano *Onchocerca* en caballos. En el humano la especie *Onchocerca volvulus* causa la enfermedad conocida como ceguera del río, y William Campbell consideró que este compuesto era un excelente candidato para combatirla. En 1987, la OMS calculaba que en el mundo existían 340 mil personas ciegas y un millón con algún grado de pérdida de visión por *O. volvulus*, sobre todo en África y algunos otros países en vías de desarrollo. Un hecho sin precedente fue que Roy Vagelos, CEO de Merck & Co., Inc, decidió que el Mectizan, marca registrada en Francia en 1987 para la ivermectina, se donaría "tanto como fuera necesario, por el tiempo que fuera necesario, a cualquiera que lo necesite" y, a partir de entonces, la Organización Mundial de la Salud, el Banco Mundial y otras organizaciones lo distribuyeron en las comunidades endémicas.

Gracias a este medicamento se ha logrado el control y próxima erradicación de la oncocercosis en algunos países como el nuestro, donde prácticamente ya no ocurre la transmisión. Para 1991 se habían tratado un millón 500 mil personas con este padecimiento. Actualmente, la ivermectina también se usa para tratar otras filariasis y enfermedades producidas por artrópodos ectoparásitos.

Estas historias del descubrimiento y aplicación exitosa de "balas mágicas", además de emocionantes, dan lecciones de los logros que pueden obtenerse con la cooperación, la búsqueda constante del conocimiento, el desinterés comercial, el valor de los recursos naturales y la aplicación del patrimonio cultural de la humanidad como un todo. ☺

Referencias:

Tu Y. The discovery of artemisinin (qinghaosu) and gifts from Chinese medicine. Nat Med. 2011 Oct 11; 17(10):1217-20. doi: 10.1038/nm.2471.

Miller LH, Su X. Artemisinin: discovery from the Chinese herbal garden. Cell. 2011 Sep 16; 146(6):855-8. doi: 10.1016/j.cell.2011.08.024. Epub 2011 Sep 9.

Molyneux D, Taylor HR. The discovery of ivermectin. Trends Parasitol. 2015 Jan;31(1):1. doi: 10.1016/j.pt.2014.10.003. Epub 2014 Nov 12.

Nigenda G, Mora-Flores G, Aldama-López S, Orozco-Núñez E. La práctica de la medicina tradicional en América Latina y el Caribe: el dilema entre regulación y tolerancia [Practice of traditional medicine in Latin America and the Caribbean: the dilemma between regulation and tolerance]. Salud Pública Mex. 2001 Jan-Feb;43(1):41-51. Spanish.

NEUTRINOS

SU INFLUENCIA EN LA FÍSICA MODERNA

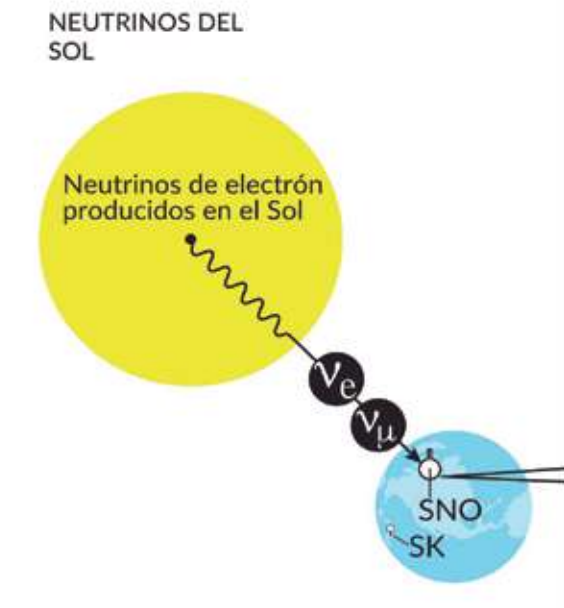


Omar Miranda Romagnoli
Departamento de Física
omr@fis.cinvestav.mx

Este año, el premio Nobel de Física ha sido otorgado a dos físicos experimentales dedicados al estudio de los neutrinos, que si bien tienen poca interacción con el resto de las partículas conocidas, son de gran relevancia para la ciencia. Su existencia fue propuesta por el físico Wolfgang Pauli en 1930. A pesar de que la radioactividad había sido descubierta desde 1897, el caso conocido como radioactividad beta, o decaimiento beta, no se podía explicar por completo. Las observaciones experimentales mostraban que cuando un núcleo atómico decaía por este canal se liberaba un electrón, que podía tener cualquier energía. Lo esperado era que este electrón abandonara el núcleo atómico a una velocidad fija, llevándose toda la energía liberada por el núcleo.

Para resolver este problema, Pauli propuso la existencia de una partícula adicional en el decaimiento, la cual se llevaría la energía faltante; una partícula elusiva, difícil de detectar y débil en su interacción con el resto de la materia.

Fue hasta 1956, cuando se confirmó su existencia mediante un detector colocado cerca de un reactor nuclear. Dicho experimento fue realizado por Clyde Cowan y Frederick Reines; este último recibió el premio Nobel de Física en 1995. También en 1956, se notó que la débil interacción del decaimiento beta podría no respetar la simetría entre izquierda y derecha. Al año siguiente esta hipótesis fue comprobada



y se puso de manifiesto que los neutrinos son izquierdos, mientras que sus antipartículas, los antineutrinos, son derechos.

Durante las décadas de 1950 y 1960 se acumularon numerosos datos experimentales sobre las distintas partículas que componen los ingredientes fundamentales de la materia y de sus interacciones. Como culminación de ese proceso surgió el Modelo Estándar de las Partículas Elementales, donde existen 'bosones' portadores de energía, como los fotones que transmiten la interacción electromagnética y nos dan la luz del Sol y las señales de radio.

Existen tres familias fundamentales de 'fermiones'; la primera compone básicamente toda la materia que conocemos en nuestra vida cotidiana, incluidos los electrones, y también los neutrinos y antineutrinos del electrón. Además de esta primera familia de 'fermiones', existe una segunda y otra tercera, copias idénticas de la primera, pero con mayor masa.

Desde la formulación del Modelo Estándar, a finales de los 60, y hasta finales del siglo XX, un gran grupo de científicos defendía esa hipótesis, que postulaba que los neutrinos no tenían masa; esto facilitaba la explicación de la violación de paridad descubierta en los años 50. En paralelo, existía otro nutrido grupo de científicos que dudaba de esta hipótesis, basados en que el neutrino sería el único 'fermión' con masa cero. La

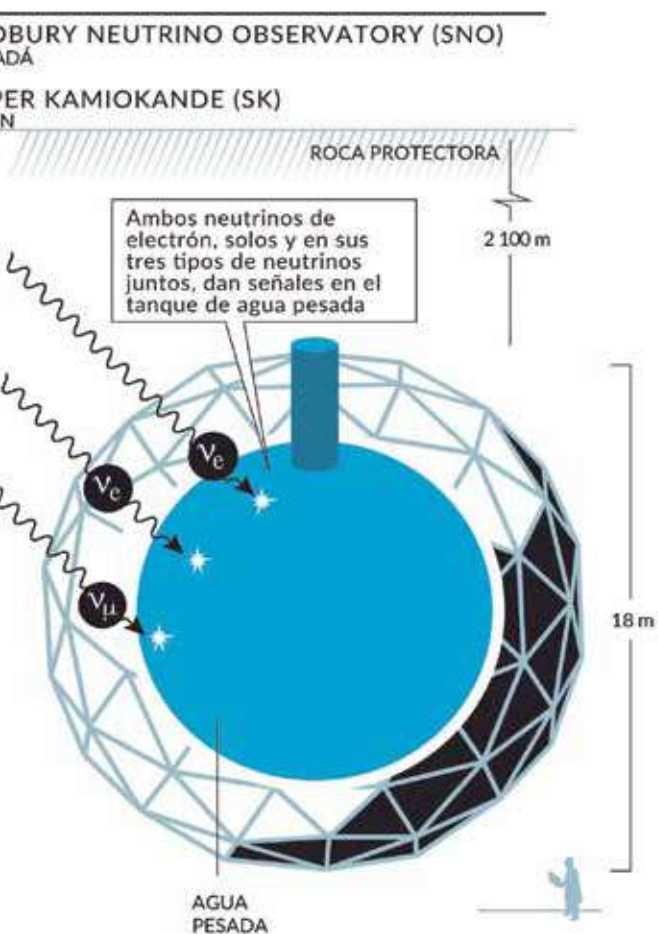


Ilustración: © Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

polémica fue resuelta por las colaboraciones experimentales que encabezaron los investigadores Takaaki Kajita (Colaboración experimental Super-Kamiokande) y Arthur McDonald (Colaboración experimental Sudbury Neutrino Observatory o SNO).

La primera de ellas, la Colaboración Super-Kamiokande, observó los neutrinos que son generados en las capas superiores de la atmósfera terrestre. La Tierra es bombardeada constantemente por rayos cósmicos, protones y núcleos atómicos que llegan de toda nuestra galaxia. Al interactuar con la atmósfera, estos rayos generan una cascada de partículas, entre ellas, los neutrinos. Al ser partículas que interactúan muy débilmente, se necesitan 50 mil toneladas de agua depositadas en un detector a mil metros debajo de la superficie terrestre para poder observar los neutrinos provenientes de las interacciones de los rayos cósmicos. Cuando uno de ellos llega a 'golpear' a un protón del agua, se produce un electrón o

un muón de muy alta energía (el muón es el 'hermano' del electrón, situado en la segunda familia y 200 veces más pesado). La energía del muón es tan grande que se produce una estela de luz en el agua conocida como radiación Cherenkov, que permite saber la dirección proveniente del neutrino incidente. Al conocerla, se puede saber cuántos neutrinos llegan desde regiones de la atmósfera cercanas al detector (desde la dirección del mediodía) y la cantidad proveniente de las regiones más lejanas, atravesando todo el interior de la Tierra (desde la dirección de la media noche). Esto permitió establecer que los neutrinos lejanos, que habían atravesado los 12 mil 500 kilómetros del diámetro terrestre, eran menos que los cercanos (en este caso el efecto fundamental se detecta en los neutrinos del muón, miembros de la segunda familia de 'fermiones'). La variación en estas mediciones fue uno de los indicadores inconfundibles de que los neutrinos tienen masa.

La Colaboración SNO, liderada por Arthur McDonald, se dedicó fundamentalmente a medir los neutrinos procedentes del Sol, buscando detectar aquellos provenientes de cualquiera de las tres familias de 'fermiones'. Utilizando nuevamente la radiación Cherenkov para detectar la dirección de arriba, pudo obtener resultados concluyentes. El modelo estándar solar predice la producción exclusiva de neutrinos de la primera familia, conocidos como neutrinos del electrón. Sin embargo, la colaboración SNO demostró claramente que en su camino hacia la Tierra una gran parte de estos se habían convertido en neutrinos de otras familias.

La única explicación teórica de que evolucionen a neutrinos de familias distintas es la conocida como mecanismo de oscilaciones de neutrinos, la cual requiere inevitablemente que tengan masa. Gracias a estos experimentos, y al esfuerzo de otras colaboraciones y de un gran número de teóricos ha sido posible establecer cuál es el valor relativo del cuadrado de cada una de las masas de los tres neutrinos.

Los esfuerzos de las colaboraciones experimentales respectivas han cerrado una polémica que duró más de 30 años, y junto con una amplia comunidad experimental y teórica han contribuido a conocer, de manera más precisa, las propiedades de estas elusivas partículas. Ahora se abre otra puerta, la búsqueda de respuestas a nuevas preguntas ¿Cuál es la masa absoluta de los neutrinos? ¿Cómo explicamos la violación de paridad? ¿Cuál es el nuevo Modelo Estándar de Partículas Elementales? Una nueva generación de experimentos y de científicos se integra a esta gran tarea.

REPARACIÓN DEL ADN, LOS SECRETO QUE GUARDA LA GENÉTICA



José Efraín Garrido Guerrero
Genética y Biología Molecular
egarrido@cinvestav.mx

El premio Nobel de Química en 2015 ha sido otorgado a los investigadores Tomas Lindahl, Paul L. Modrich y Aziz Sancar, por sus aportaciones en el descubrimiento de las herramientas y los mecanismos mediante los cuales las células reparan el ADN para salvaguardar su información genética.

Por largo tiempo la comunidad científica creyó que la molécula de ADN, siendo la base de la vida, debía ser extremadamente estable. Y aunque se requieren mutaciones para dar paso a la evolución, estas deben suceder en un número muy limitado en cada generación, pues de no ser así, la información genética sería tan inestable que no permitiría la vida, sobre todo en los organismos multicelulares.

Sin embargo, hoy sabemos que pueden existir cambios en el genoma de manera espontánea debido a defectos durante el proceso de copiado del ADN antes de cada división celular o bien por el decaimiento hidrolítico de sus componentes químicos. Aunado a esto, el ADN en las células también puede ser dañado por estímulos externos como la radiación UV, los radicales libres y diversos agentes químicos. A pesar de todo ello, el genoma en la célula permanece relativamente estable y con pocos cambios, gracias a la existencia de mecanismos que monitorean y reparan el ADN de forma muy eficiente. Hoy conocemos, en gran parte,

la manera en que esto sucede gracias al trabajo pionero de tres científicos que, de forma independiente, dedujeron la existencia de estos sistemas de reparación, logrando la identificación de algunos de ellos, su mapeo y su caracterización funcional a nivel molecular.

Observaciones tempranas en la carrera científica de Tomas Lindahl le permitieron deducir que aun en ausencia del efecto de estímulos medioambientales, la molécula de ADN decae químicamente a una tasa a la cual sería imposible el desarrollo de la vida en la Tierra. Estas observaciones lo motivaron a orientar su investigación en la búsqueda de los mecanismos que corrigen esas lesiones, llevándolo a descubrir la maquinaria molecular y el mecanismo detallado de funcionamiento del sistema de reparación del ADN por escisión de bases, que evita que nuestro ADN colapse.

Por otro lado, Paul Modrich observó que durante la replicación del ADN previa a la división celular, suceden errores que pueden generar un apareamiento incorrecto de bases, y que estos deben ser corregidos para evitar la acumulación de mutaciones en el genoma. Sus estudios le llevaron a demostrar que la célula posee mecanismos que permiten la corrección de estos errores, identificando y caracterizando de manera detallada el mecanismo conocido como "Mismatch repair", o sistema de reparación de bases apareadas incorrectamente. El funcionamiento eficiente de este sistema reduce más de mil veces la frecuencia de errores durante el proceso de replicación del ADN. Los defectos congénitos en este sistema incrementan el riesgo de desarrollar algunas formas hereditarias de cáncer, como el no-poliposo de colon.

Por otro lado, es bien conocido que muchos agentes medioambientales causan lesiones en el ADN. Aziz Sancar mapeó de manera muy detallada el mecanismo que las células usan

Reparación por escisión del nucleótido

La escisión de nucleótidos repara lesiones del ADN causadas por radiación UV o sustancias cancerígenas, como las encontradas en el humo del cigarro.

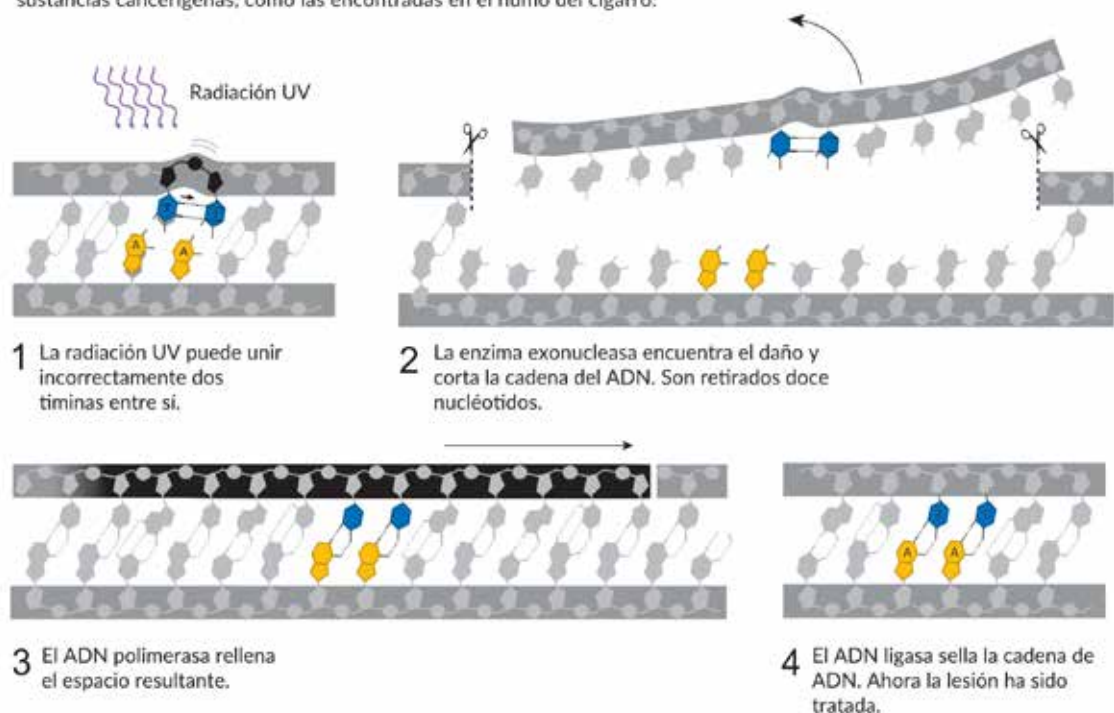


Ilustración: © Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

Traducción: Elizabeth Licona

para reparar el daño ocasionado en el ADN, provocado por la luz UV que hoy conocemos como sistema de reparación de ADN por escisión de nucleótidos, el cual también es usado para corregir defectos causados por una gran variedad de sustancias mutagénicas.

El daño congénito en este proceso causa la enfermedad de Xeroderma pigmentosum y los individuos que la padecen son extremadamente sensibles a la radiación UV, por lo que desarrollan cáncer de piel cuando se exponen a la luz solar con frecuencia.

El conocimiento de la existencia de estos sistemas moleculares de reparación del daño al ADN, ha generado gran interés en este campo de la investigación, en la actualidad se conocen otros sistemas complementarios que funcionan de manera coordinada y que, en su conjunto, corrigen eficientemente las miles de incidencias de daño al ADN. Si uno solo de los componentes falla, la información genética cambia rápidamente y el riesgo de desarrollar cáncer se incrementa.

De hecho, en muchas formas de cáncer uno o más de estos sistemas de reparación se encuentran parcial o totalmente inactivos, lo que vuelve

inestable al ADN de las células cancerosas y con frecuencia las nuevas mutaciones les confieren resistencia a quimioterapia. Estas células "enfermas" son más dependientes de los sistemas de reparación que aún les funcionan, ya que sin ellos su ADN se dañaría en exceso y morirían.

Esta "debilidad" de las células cancerosas comienza a ser aprovechada con fines terapéuticos, pues en algunos tipos de cáncer la inhibición de uno de los sistemas de reparación remanentes permite disminuir o detener totalmente su desarrollo. Un ejemplo es el fármaco Olaparib, que es un inhibidor de la proteína PARP-1, que participa en el mecanismo de reparación de rupturas de las dos cadenas de ADN.

En conclusión, la investigación básica desarrollada por estos científicos ganadores del Nobel de Química 2015 no sólo ha permitido profundizar en el conocimiento de la manera en que los seres vivos funcionamos, sino también están guiando hacia el desarrollo de estrategias terapéuticas que permitirán salvar vidas. En palabras de Modrich: "Por eso es que la investigación que surge de la curiosidad es tan importante. Nunca sabes a dónde te llevará... pero un poco de suerte, también ayuda".

Referencia:

The Royal Swiss Academy of Sciences.
www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2015/



La sección de Comunicación de la Ciencia
a nombre de
la Universidad Autónoma Metropolitana
envía su reconocimiento y felicitación
a los investigadores, editores,
comunicadores, comité editorial
y personal
que hacen posible cada artículo que se
publica en la revista Avance y Perspectiva

y con ello colaboran con
una tarea de todas las
Instituciones que buscamos
propiciar en la comunidad,
la reflexión sobre temas
relevantes de la ciencia
para la sociedad
y el país
en general

Enhorabuena

EL FINANCIAMIENTO PÚBLICO A LA INDUSTRIA EN MÉXICO



Mónica López Rivas

Departamento de Investigaciones Educativas
veliamonica@yahoo.com

El objetivo de este artículo es mostrar un panorama general de las relaciones de cooperación y financiamiento tejidas entre la academia, la industria y los tres niveles de gobierno (federal, estatal y municipal), y coordinadas por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt).

En las últimas décadas, los vínculos entre la industria y la academia se han estrechado alrededor del mundo debido, principalmente, a los recortes presupuestales a la investigación científica pública (Sáenz Menéndez, 2005;

Velho *et al.*, 2010; Zhao, 2011). Esto ha propiciado una diversificación de fuentes de financiamiento, por ejemplo: premios científicos, la creación de fondos *ad hoc* y políticas mediadoras entre los gobiernos, la academia y la industria (Laudel, 2006; Heinze, 2008; Juarros y Martinetto, 2008). Esta última modalidad tiene el objetivo de incentivar tales relaciones por medio de financiamientos gubernamentales otorgados vía oficinas o consejos de ciencia y tecnología, y es la que México ha adoptado para fortalecer dicha relación. Con este objetivo, se han creado seis apoyos o fondosⁱ destinados al financiamiento de la investigación para empresas privadas vinculadas o no con centros académicos de investigación, agrupados en dos categorías: apoyos a proyectos de innovación empresarial y a proyectos de desarrollo tecnológico e innovación.

En el marco de esta modalidad, la distribución de presupuestos se ha transformado profundamente en los últimos años. En el periodo 1993-2011, el presupuesto ejercido por el sector

Existen seis tipos de fondos destinados al financiamiento de la investigación para empresas privadas vinculadas o no con centros académicos de investigación

Apoyos a proyectos de innovación empresarial	Apoyos a proyectos de desarrollo tecnológico
1. Programa de Estímulos a la Innovación (PEI)	4. Apoyos institucionales de desarrollo tecnológico e innovación
2. Fondos de Innovación Tecnológica (FIT)	5. Fondos mixtos (Fomix)
3. Fondo Sectorial de Innovación	6. Fondos sectoriales
	7. Fondos institucionales (Foins, Fonciyt, Fordecyt y Cibiogem)

productivo (las empresas) pasó de 10.42 por ciento a 42.13ⁱⁱ del presupuesto total del Gasto en Investigación y Desarrollo Experimental (GIDE). En este mismo periodo, el presupuesto ejercido por el gobierno disminuyó en términos porcentuales: pasó de 35.72 puntos porcentuales en 1993 a 28.77 en 2011, al tiempo que el presupuesto ejercido por las Instituciones de Educación Superior (IES) disminuyó del 54.10 al 27 por ciento (Conacyt, 2015). Podemos decir entonces que la tendencia ha sido el aumento en el ejercicio del presupuesto por parte de las empresas y una disminución por las IES y el gobierno.

Los apoyos públicos para empresas privadas tienen el objetivo de apoyar su inversión en actividades de investigación científica, tecnológica y de innovación, así como la formación de recursos humanos de calidad, la divulgación de la ciencia, la consolidación de grupos de investigación y la solución de problemas específicos de las regiones que lo necesiten (Conacyt, 2015).

Para acceder a los fondos del Conacyt, la institución receptora debe tener una inscripción vigente en el Reniecyt (Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas), el cual agrupa a las instituciones, centros, organismos, empresas y personas físicas o morales de los sectores público, social y privado que realizan actividades relacionadas con la investigación y el desarrollo de la ciencia y la tecnología en México (Conacyt, 2015).

A continuación se describen brevemente los fondos y apoyos que ofrece Conacyt, especificando a qué tipo de organismos van destinados:

1. El Programa de Estímulos a la Innovación (PEI) tiene el objetivo de “incentivar y promover el crecimiento y la competitividad de las empresas”. Cabe señalar que sus apoyos son complementarios, por lo que no sustituyen la inversión de las empresas (Conacyt, 2015). Existen tres

modalidades de este programa:

- Innovapyme (Innovación tecnológica para las micro, pequeñas y medianas empresas).
- Innovatec (Innovación tecnológica para las grandes empresas).
- Proinnova (Proyectos en red orientados a la innovación).

En el periodo 2009-2013 se otorgaron estímulos del PEI a 2 mil 907 proyectos, con una inversión total mayor a los 11 mil 150 millones de pesos, y un promedio por proyecto superior a los 3 mil 800 millones. Las empresas más beneficiadas fueron: Continental Automotive Guadalajara México, S.A. de C.V., que recibió apoyos por casi 168 millones; Intel Tecnología de México, S.A. de C.V., por casi 130 millones, y Volkswagen de México, S.A. de C.V. que lo hizo por un monto superior a los 114 millones de pesos (Conacyt, 2015).

2. Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) apoya a MiPymes de base tecnológica y *start-ups*ⁱⁱⁱ. Los FIT están diseñados para apoyar “propuestas orientadas al desarrollo de nuevos productos, procesos y servicios o mejoras con un contenido significativo de innovación tecnológica” (Conacyt, 2015).

Existe un padrón de beneficiarios de los FIT para los años 2010 y 2014, en los que se invirtieron un aproximado de 644 millones 500 mil pesos y 105 millones 200 mil pesos respectivamente. En 2010 se invirtió en 231 proyectos con un promedio de 5 millones y medio de pesos por proyecto, aunque las cifras van desde los 216 mil pesos, monto otorgado a Caseros, S. de R.L.M., hasta los 11 millones otorgados a la empresa Nanopol, S.A. de C.V. En 2014 se apoyaron 38 proyectos con un promedio aproximado de 5 millones; el monto menor de apoyo fue de 532 mil pesos a la empresa CCLP S.A. de C.V., y el monto máximo fue de 8 millones 454 mil a la empresa Teknobags, S.A. de C.V. (Conacyt, 2015).

3. Fondos sectoriales funcionan como fideicomisos en los que participan las dependencias

Finalmente, el proyecto que recibió más recursos de los Fondos sectoriales fue del fondo Conafor-Conacyt que recibió una cantidad de 64 millones, para el Instituto Tecnológico del

De la información disponible podemos decir que en el periodo 2002-2015 se han apoyado 5 mil 752 proyectos, con un monto total ligeramente superior a los 10 mil 62 millones de pesos. Debido a que los periodos que cubren la información proporcionada por la página de Conacyt son distintos para cada estado, no se

pueden hacer comparaciones, pero sí algunas observaciones; por ejemplo, que el promedio más alto de financiamiento por proyecto fue para el estado de México, con casi 8 millones; mientras que la entidad que recibió menos recursos por proyecto fue Tamaulipas, con un promedio de 524 mil pesos.

6. Fondos institucionales

Existen cuatro tipos de fondos:

1. Foins (Fondo institucional del Conacyt) que también funciona como fideicomiso.
2. Fonciyt (Fondo de Cooperación Internacional en Ciencia y Tecnología).
3. Fordecyt (Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación).
4. Cibiogem (Fondo para el Fomento y Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica en Bioseguridad y Biotecnología) (Conacyt, 2015).

6.1 Foins fue creado para dar respuesta a la demandas de apoyos que realiza la comunidad científica y tecnológica del país al Conacyt.

6.3 Fordecyt: En el periodo 2009-2015 se dio apoyo a 108 proyectos, con una inversión cercana a los mil 623 millones de pesos, es decir, con un promedio de 15 millones 28 mil pesos por proyecto. El monto más alto fue de 93 millones otorgado a la Universidad Autónoma de Coahuila, y el mínimo fue menor a los 600 mil pesos para la Universidad Autónoma del Estado de México.

En este mismo periodo, los estados que más recursos recibieron vía este fondo fueron los de Yucatán, con 11 proyectos por un total cercano a los 250 millones de pesos, en tanto Tlaxcala y Guerrero no recibieron apoyo (Conacyt, 2015).

6.4 Cibiogem: Su objetivo principal es generar información sobre los organismos genéticamente modificados (OGMs) (Conacyt, 2015).

La existencia de estos fondos da cuenta de una tendencia generalizada a canalizar fondos públicos a la industria privada. Si bien es cierto que, en términos absolutos, los presupuestos totales del GIDE para todos los sectores aumentaron en el periodo documentado, en términos relativos el presupuesto ejercido por la industria aumentó un 31.71 por ciento, mientras que el presupuesto ejercido por las IES, disminuyó en 50 puntos porcentuales; es decir, el lugar preponderante que ocupaban las IES en 1993 con respecto al ejercicio del presupuesto del GIDE, para 2011 lo ocupaba ya el sector productivo.

Es importante señalar que cualquier indagación sobre los fondos y apoyos a empresas privadas deja más preguntas que respuestas. El sitio de Conacyt es heterogéneo e insuficiente: si bien tiene algunas bases de datos disponibles, muchas de ellas están mal etiquetadas, incompletas o simplemente no existen. En todo caso, la información es de acceso abierto y es nuestro deber como ciudadanos mantenernos atentos y vigilantes sobre el destino de los recursos que, en más de un sentido, son propiedad de todos los mexicanos.

Asimismo, habría que cuestionar seriamente cuáles son las causas y los efectos —a corto, mediano y largo plazo— de que el Estado haya optado por privilegiar el financiamiento al sector privado, en perjuicio de otros sectores, específicamente de las IES y los Centros Públicos de Investigación. 

Bibliografía:

Conacyt, 2015. Desarrollo Tecnológico e Innovación, recuperado de <http://www.conacyt.mx/index.php/el-conacyt/desarrollo-tecnologico-e-innovacion>

Juarros, M. F., & Martinetto, A. B., 2008. *Limitantes del investigador académico: financiamiento y políticas*. Nomádas (29), p. 50-63.

Heinze, T., 2008. *How to sponsor or ground-breaking research: a comparison of funding schemes*. *Science and Public Policy*, 35(5), p. 302-318.

Laudel, Grit, 2006. *The art of getting funded: how scientists adapt to their funding conditions*. *Science and Public Policy*, 33(7), p. 489-504.

Ley General de Ciencia y Tecnología, 2011, Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, enero 28.

Sanz Menéndez, L., 2005. Universidad e investigación: la financiación competitiva de los proyectos de I+D, con especial referencia a las Ciencias Sociales y Económicas. *Reis. Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, sin mes, p. 181-218.

Velho, L., Velho, P. V., & Davyt, A., 2010. Las políticas e instrumentos de vinculación Universidad-Empresa en los países del MERCOSUR. *Educación superior y sociedad*, 9(1), p. 51-76.

Zhao, Dangzhi., 2011. "Características e impacto de la investigación financiada: un estudio de caso en el campo de la bibliotecnología y la documentación". *Anales de Documentación*, sin mes, p. 1-20.

Referencias:

i Los lineamientos generales están establecidos en la Ley de Ciencia y Tecnología.

ii En términos absolutos pasó de mil 33 a 27 mil 582 millones de pesos.

iii Organizaciones de menos de dos años ante el registro del SAT

iv Hay que señalar que a pesar de que en el vínculo de los padrones de beneficiarios se señala que hay datos para 2013, 2014 y 2015, en realidad se repite la misma tabla para cada periodo, que como puede verse en el etiquetado de los productos es de 2012.

v La falta de datos estadísticos en algunos apartados sobre fondos y apoyos se debe a que no hay información disponible que nos permita formar un panorama de la distribución de recursos.

OBTIENE ESTUDIANTE DEL CINVESTAV PREMIO NACIONAL EN ALIMENTOS

La propuesta del estudiante del Cinvestav Unidad Querétaro Alejandro Cruz Sánchez para enriquecer harinas nixtamalizadas y tortillas con microcápsulas de hierro y ácido fólico fue galardonada con el Premio Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos 2015 en la categoría estudiantil.

La tesis, con la cual Cruz Sánchez obtuvo el título de Ingeniero en Alimentos, fue dirigida por Fernando Martínez Bustos, investigador de esa unidad del Cinvestav y por el profesor Javier Rivera López, del Instituto Tecnológico de Los Mochis, en Sinaloa.

Cruz Sánchez plantea una alternativa novedosa para atacar la deficiencia de ambos nutrientes en la dieta, que se considera un problema de salud pública en México, pues está relacionada con anemias, enfermedades coronarias y trastornos digestivos.

El estudiante empleó diversos procesos químicos de laboratorio para producir microcápsulas de ácido fólico y de fumarato ferroso a partir de almidones modificados de maíz; luego añadió dichas cápsulas ya preparadas a las harinas nixtamalizadas para la producción de tortillas.

Con las microcápsulas —que miden entre 75 y 86 millonésimas de metro— se logra una mejor retención de ambos nutrientes y se facilita el transporte, almacenamiento, manejo de polvos y otras etapas de la nixtamalización.

“Mediante este proceso podemos enriquecer las harinas de nixtamal para que una vez procesadas lleguen a niveles de 40 miligramos de hierro y dos de ácido fólico por cada kilogramo de peso, como marca la Norma Oficial Mexicana”, señala el joven galardonado.

Debido a los procesos industriales a los que es sometido para elaborar alimentos, el maíz va perdiendo estos nutrientes hasta llegar a niveles de 20 miligramos de hierro y 0.9 miligramos de ácido fólico por cada kilogramo de peso, es decir, aproximadamente la mitad del contenido requerido en la Norma Oficial Mexicana 247-SSA1-2008, a la que se refiere el estudiante.

El proceso no afectó las propiedades de las harinas, su color o masa ni tampoco el sabor,



humedad o textura de las tortillas, que fueron evaluadas a temperatura ambiente y tras ser refrigeradas por un grupo de consumidores.

Por ello, Cruz Sánchez —quien ya tramita la patente correspondiente para buscar transferir este desarrollo a alguna compañía interesada— lo considera una opción viable para su uso a nivel comercial, no sólo en ese alimento básico de la dieta nacional, sino también en tostadas o frituras de maíz.

El Premio Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos es otorgado desde hace 39 años por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la Industria Mexicana de Coca-Cola, y se considera el principal galardón en el ramo.

(Guillermo Cárdenas)



Fotografía: Alejandro Cruz

En su tesis propone microencapsular hierro y ácido fólico mediante almidones modificados de maíz para enriquecer las harinas nixtamalizadas, base de las tortillas

La Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) anunció el pasado noviembre a los ganadores de su premio que reconoce a las mejores tesis de posgrado relacionados con el tema de educación superior. Uno de ellos fue la estudiante del Departamento de Investigaciones Educativas (DIE) del Cinvestav, Marisol de Diego Correa, por su tesis de maestría titulada “La participación de psicólogos en formación en comunidades de práctica profesional: apropiación, formación e identidad profesional”.

El trabajo galardonado, asesorado por el investigador del DIE, Eduardo Johann Weiss Horz, plantea la importancia formativa de las prácticas profesionales en los estudiantes de psicología, pero no sólo desde la visión de adquirir nuevos conocimientos, también de enfrentarse a situaciones problemáticas reales, trabajar y aprender de otros colegas.

“Participar en comunidades de práctica profesional permite a los estudiantes considerarse como profesionistas en formación y apropiarse de conocimientos, herramientas y actitudes de la disciplina al hacer uso de éstos. También les permite reflexionar y hacerse responsables de su trayectoria formativa, de ahí la importancia de que las instituciones de educación superior tengan mayor atención en acercar a sus alumnos de manera temprana a la vida profesional”, señaló la estudiante del DIE, quien actualmente cursa sus estudios de doctorado.

Si bien la investigación se centró en la formación en prácticas de estudiantes de la licenciatura de Psicología de la UNAM, de Diego Correa reconoció que este problema es similar en otras áreas de conocimiento, por lo que su trabajo puede emplearse en distintas carreras.

De hecho, el análisis de los procesos de participación de estudiantes realizado en la tesis ganadora del Premio ANUIES fue elaborado en dos tipos de comunidades de práctica distintas. La primera fue en un laboratorio de investigación básica experimental, y la otra en un centro comunitario que da atención psicológica a la población que acude. En ambos ambientes se describen los procesos formativos que tienen los alumnos al acercarse a estos espacios profesionales. La función de acompañamiento por parte de estudiantes pares expertos y de los docentes responsables permite su participación en el quehacer profesional.

Para Marisol de Diego Correa, lo importante de obtener el Premio ANUIES 2015 es que su trabajo tendrá mayor difusión, y en consecuencia

RECONOCE ANUIES TESIS DEL DIE



Fotografía: Marisol de Diego

La investigación de Marisol de Diego y Eduardo Weiss critica las actuales prácticas que se realizan en instituciones educativas, donde por lo general se tratan de simulaciones sobre el mundo laboral

puede llegar a las instituciones para que se contemple la formación profesional en la práctica, no como un agregado de la formación, sino como un pilar en los procesos educativos.

El Premio ANUIES 2015 a la tesis de maestría consiste en un reconocimiento tanto al postulante como al asesor del trabajo seleccionado, además de un estímulo económico de 35 mil pesos y la publicación de la obra. La premiación se realizó en el marco de la Conferencia Internacional de Educación Superior ANUIES 2015, en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. [↗](#)

(Hector de la Peña)

UN HORIZONTE DE RETOS Y OPORTUNIDADES PARA AyP



Luz Manuel Santos Trigo
Departamento de Matemática Educativa
msantos@cinvestav.mx

Agradezco a Gerardo Herrera Corral, editor de *Avance y Perspectiva*, la invitación que me hizo para escribir acerca de mi experiencia como editor responsable de la revista *Cinvestav*, que se publicó en nuestra institución durante el periodo 2006-2007. El nombre surgió como respuesta a una inquietud de una parte de la comunidad por construir y difundir una imagen y referente directo que identificara a la Institución con la sociedad. Esta idea era compatible con el proyecto del Centro que buscaba presentar y definir una identidad propia y robusta de la institución con reconocimiento nacional e internacional. La revista presentó un diseño nuevo y esa época se inicia con la versión en papel y en línea. En la administración de René Asomoza Palacio, retoma el nombre *Avance y Perspectiva* y representa un medio de comunicación entre la comunidad del Cinvestav y la sociedad.

En estas líneas, más que presentar una revisión detallada sobre el proyecto editorial que en ese periodo se implementó, intento señalar algunos elementos que pueden ser parte de un marco para sustentar y fomentar una visión editorial amplia. En el programa editorial de la institución, la revista *AyP* representa un elemento esencial cuyo enfoque y contenidos deben reflejar y responder a los avances notables que los desarrollos y usos de las tecnologías digitales ponen al alcance de la sociedad.

La existencia de las redes sociales y el uso de dispositivos móviles que permiten una comunicación continua entre individuos, así como el acceso directo a distintos tipos de información, demandan que los contenidos de la revista no sólo reflejen el quehacer y resultados del trabajo académico de la institución, sino que resulten atractivos, complementen y se distingan de aquellos que se publican en otros sitios en línea.

Un proyecto editorial del Centro debe ser, además de incluyente, un soporte y parte del programa de formación académica que reciben todos los estudiantes de la institución. Esto es, los alumnos del Cinvestav deben desarrollar los recursos y habilidades necesarias para presentar a una comunidad amplia sus resultados de investigación, y *Avance y Perspectiva* representa el vehículo para difundirlos. A continuación, se presentan algunas ideas iniciales con la intención de promover una discusión sobre los posibles contenidos y presentación de la revista.

1. **La revista y la identidad del Centro.** El impulso y la continuidad que la nueva administración le da a la revista *Avance y Perspectiva* resulta un gran acierto, además confirma la tradición de instituciones reconocidas en el ámbito internacional que no sólo se interesan en producir conocimiento científico y tecnológico, también lo hacen en promover, divulgar y vincular el quehacer de la institución con la sociedad. Esta continuidad implica reflexionar sobre la función de la revista, las formas de establecer y sostener un diálogo entre investigadores, estudiantes, egresados y público en general que permita informar y discutir temas de investigación y su trascendencia en la sociedad.
2. **Las tecnologías digitales.** No sólo están transformando substancialmente las maneras de comunicarse y de interactuar de los individuos, también permiten encontrar información vasta sobre temas de interés. ¿Qué puede ofrecer la revista *Avance y Perspectiva* ante este ambiente lleno de información que resulte de interés a un público amplio y no especializado? La calidad y confiabilidad de la información que se publique en la revista son elementos que ayudarán a fomentar el interés de los lectores por conocer avances científicos y desarrollos tecnológicos. El objetivo es que *AyP* se convierta en un referente sobre el desarrollo de la ciencia y la tecnología, en una fuente importante que oriente al



lector no especializado sobre los temas que se abordan en el ámbito internacional. Además, en un futuro próximo la revista puede incluir formatos con textos interactivos de las contribuciones que permitan al lector ampliar la información y conocer más sobre el contexto en que se desarrolla una investigación, por ejemplo a través de videos integrados en el mismo texto del trabajo.

3. **Avance y Perspectiva como parte de un programa editorial amplio.** En estos tiempos, un portal o sitio oficial de internet es una forma eficiente de presentar e informar sobre las instituciones públicas y sus actividades. Así, una tarea urgente es construir un sitio o portal eficiente y atractivo que permita a todos los interesados encontrar información sobre las actividades y programas que se ofrecen en la institución. En ese sitio se debe destacar un proyecto editorial identificado como un vínculo entre los investigadores, estudiantes y la sociedad. Allí, la comunidad del Centro podrá compartir experiencias, anécdotas y vivencias que generalmente acompañan o surgen durante el desarrollo de los proyectos de investigación.

En general, una publicación formal incluye principalmente los aspectos teóricos o técnicos, además de métodos de trabajo que sustentan y conducen al investigador o grupo a alcanzar los resultados, pero pocas veces se comparten vivencias y dificultades que se enfrentan

durante el desarrollo de la investigación. Los elementos y vicisitudes que suceden alrededor de las interacciones, así como las discusiones del grupo en el quehacer cotidiano de la investigación, pueden ser importantes para los estudiantes interesados en seguir una carrera científica o en el desarrollo de una cultura científica y tecnológica para un público amplio.

En este contexto, también es importante que el proyecto editorial incluya publicaciones que aborden temas de actualidad y de frontera, con la intención de que el lector no especializado comprenda su desarrollo y posibles impactos en la sociedad.

4. **La revista y la necesidad de analizar la información disponible.** Un tema crucial en la búsqueda de información es que el individuo contraste y discrimine la información que se encuentra disponible en enciclopedias o sitios en línea. ¿Cómo se evalúa la pertinencia o veracidad de la información disponible en línea? ¿Cómo sintetizar y utilizar esa información en la vida cotidiana o resolución de problemas? AyP puede generar artículos de difusión que expliquen temas científicos relevantes en un lenguaje comprensible dirigidos a un público amplio; al tiempo que aborde, por medio de foros o conversaciones en líneas, los métodos que ayudan a identificar una información sustentada y promover así un hábito crítico en la lectura y búsqueda de información.

Avance y Perspectiva representa un medio importante para establecer una comunicación continua entre la comunidad de la institución y la sociedad. Este diálogo puede definir los grandes retos de los próximos 10, 15 o 20 años

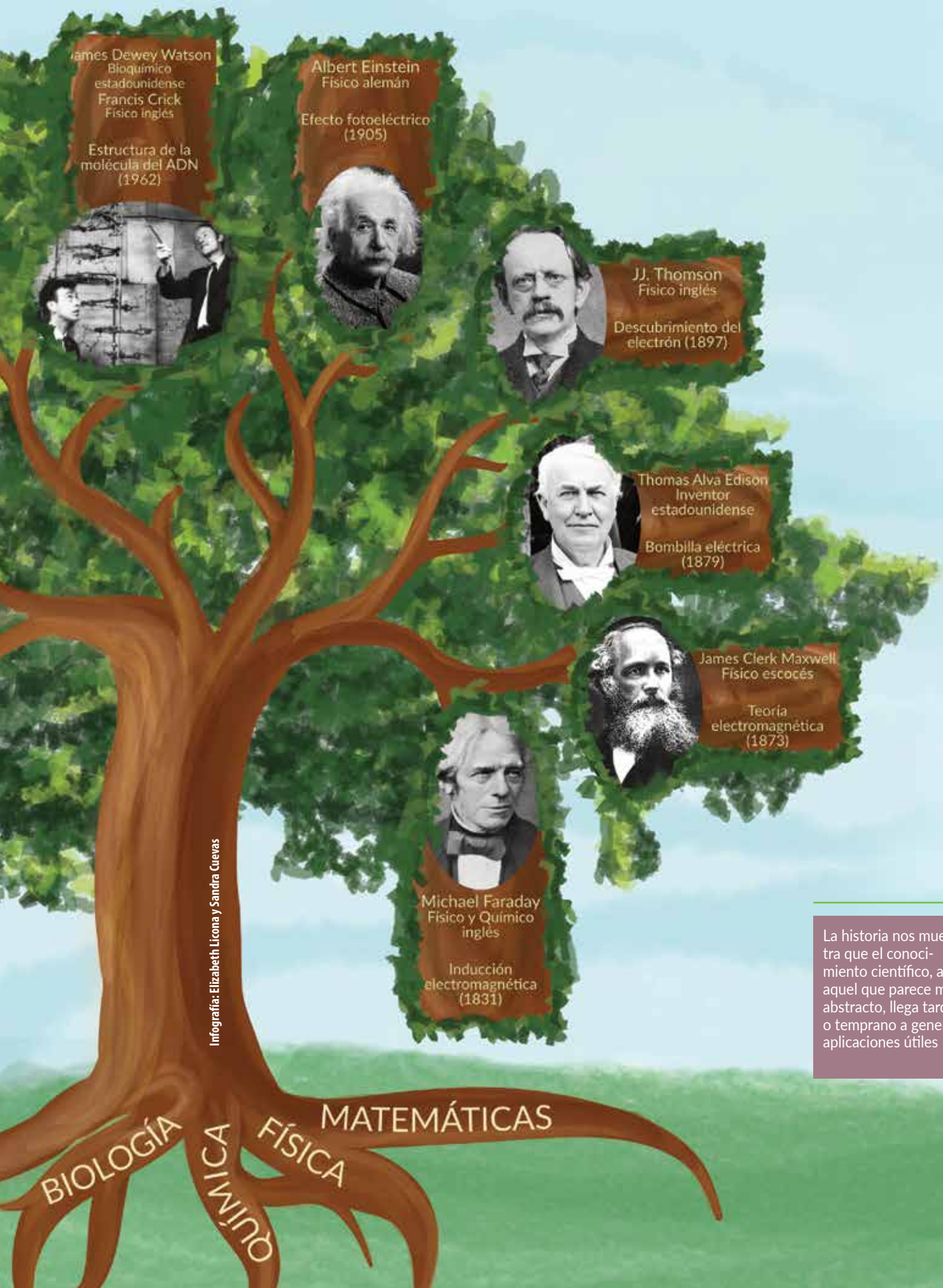


5. **Temas nacionales y el Cinvestav.** La institución ha contribuido notablemente en la producción de conocimiento y en la formación de investigadores en las áreas de ciencias exactas y naturales; ciencias biológicas y de la salud; tecnologías y ciencias de la ingeniería; ciencias sociales y humanidades. Ese conocimiento acumulado, además de la experiencia, debe ser un referente y parte del marco de la discusión sobre las reformas del sistema educativo en el ámbito nacional. AyP puede ser el medio para promover una discusión que aborde la formación de los profesores y estudiantes en matemáticas, ciencia e ingeniería.
6. **La apertura de las instituciones.** Hoy en día, la mayoría de las universidades con gran prestigio académico ofrecen cursos masivos abiertos en línea (MOOCs, por sus siglas en inglés) donde cualquier estudiante con acceso a internet, sin importar donde se encuentre, puede acreditarlos formalmente. El Cinvestav, con la experiencia acumulada, puede abrir cursos en las cuatro áreas que se cultivan en la institución, desarrollar materiales *ad hoc* y un sistema propio para implementar esos cursos. Esta tarea podría ser parte del proyecto editorial.
7. **Presentación de proyectos de innovación tecnológica.** *Avance y Perspectiva* puede convocar y promover reuniones periódicas anuales donde los estudiantes

expongan al público los avances y desarrollos tecnológicos que se generen en la institución. La idea es que las innovaciones y prototipos tecnológicos que se presenten no solamente despierten el interés de los jóvenes por el estudio de las ingenierías; sino que también puedan interesar a los empresarios e inviertan en el desarrollo de esas innovaciones.

8. **El Cinvestav y los grandes retos de la ciencia y la educación.** ¿Cuáles son los grandes retos que se plantea la comunidad de la institución en las distintas áreas del conocimiento tecnológico y científico? ¿Cómo se relaciona la sustentabilidad del ambiente con los desarrollos científicos y tecnológicos? ¿Cómo se promueve y logra la alfabetización tecnológica del país? AyP puede promover foros de discusión y un diálogo entre la comunidad con la finalidad de definir los grandes retos de los próximos 10, 15 o 20 años.

En resumen, *Avance y Perspectiva* representa un medio importante para establecer una comunicación y diálogo continuo entre la comunidad de la institución y la sociedad. Los puntos anteriores son sólo algunas ideas que pueden servir como punto de partida para construir una agenda que defina un programa amplio de difusión de las actividades que se desarrollan de manera consistente en la institución. ↻



Infografía: Elizabeth Licona y Sandra Cuevas

La historia nos muestra que el conocimiento científico, aun aquel que parece más abstracto, llega tarde o temprano a generar aplicaciones útiles

LA TECNOLOGÍA ACTUAL TUVO ORIGEN EN LA CIENCIA BÁSICA



Alejandro Raúl Hernández Montoya
Doctorante del Posgrado Transdisciplinario
Desarrollo Científico y Tecnológico para la
Sociedad (DCTS)
alhernandez@uv.mx

PRIMERA PARTE

Con cierta frecuencia pueden encontrarse en la prensa o incluso en programas televisivos, declaraciones y debates sostenidos por políticos, funcionarios públicos, autoridades universitarias, científicos y miembros de la iniciativa privada cuyo tema es la política científica que nuestro país debe seguir. En esencia lo que se discute es si se deben invertir prioritariamente los escasos recursos que el gobierno¹ destina a la investigación científica en áreas del conocimiento y proyectos que estén directamente relacionados con nuestra problemática nacional tercermundista (transporte, salud, sobrepoblación, contaminación ambiental, comunicaciones, etcétera) o que produzcan aplicaciones y productos tecnológicos inmediatos (microelectrónica, ciencias de la computación y genética, entre otras), restando recursos, al menos parcialmente, a las llamadas “ciencias básicas” (física, química, matemáticas o biología), que dan prestigio a nuestro país por su valor desde el punto de vista de la aportación de México al conocimiento universal; pero que desde la visión de una gran parte de los miembros de la burocracia científica, políticos, miembros de la industria privada (IP) e incluso de algunos miembros de la comunidad

científica nacional, son un lujo que el país no puede permitirse.

El criterio de inversión en ciencia de las personas que piensan así es pragmático; es decir, para ellos invertir un peso en algo que no redituará ninguna ganancia económica o material es un mal negocio. Por esa razón me referiré a ellos de aquí en adelante usando el término “pragmatistas”.

Si se le preguntara al hombre de la calle sobre la alternativa de inversión: ¿ciencia pura o aplicada? Su respuesta sería, indudablemente, a favor de priorizar el apoyo a la investigación aplicada, que es la que está directamente relacionada con la tecnología y la problemática nacional, y no malgastar el dinero de sus impuestos en investigaciones que no afectan su vida en absoluto. Después de todo, ¿qué porcentaje de mexicanos recuerdan con agrado las lecciones de matemáticas de la primaria o secundaria? ¿Acaso no es bien sabido que se puede alcanzar el éxito en la vida sin nunca haber entendido a operar con fracciones o rudimentos de álgebra o cálculo?

Un problema es que nuestras autoridades y empresarios del ala pragmatista tienen la obligación de estar más informadas que el hombre de la calle. Su respeto ya no por el valor humanístico y cultural de la ciencia, sino por la riqueza material que el avance tecnológico moderno ha producido, aunado a la falta de entendimiento de cómo este avance se ha originado, los llevan a ignorar el importante factor que las ciencias básicas han desempeñado en el proceso para la obtención de tecnología, y por lo tanto a menospreciarlas².



¿Cómo podría un trabajo de física teórica de altas energías o la gravedad cuántica tan despreciadas por los pragmatistas, cambiar nuestra sociedad y nuestras vidas?

En este pequeño ensayo se quiere mostrar que las políticas pragmatistas de no incremento o recorte a los fondos de la investigación básica comprometen seriamente el desarrollo tecnológico e industrial de nuestro país e ilustraremos esto mediante algunos ejemplos tomados de la historia de la ciencia, que demuestran que los científicos, sin proponérselo y como consecuencia de sus investigaciones en problemas de carácter básico, en muchas ocasiones desencadenan profundos cambios tecnológicos que afectan radicalmente nuestras sociedades³.

Cómo la ciencia básica ha cambiado nuestras vidas. ¿Qué dice la historia?

Comencemos a recorrer las historias científicas del surgimiento de nuestra tecnología, indicando con el símbolo* a aquellos científicos que fueron premiados con el Nobel por sus contribuciones al conocimiento universal.

En 1831, Michael Faraday*, (físico y químico inglés) quien había iniciado su estudios científicos 18 años antes leyendo los libros que le permitían acceder a su trabajo de aprendiz de encuadernador, reportaba uno de sus más grandes descubrimientos (de entre muchos otros), después de que motivado por la curiosidad, invirtió varios años en su laboratorio manipulando bobinas de alambre, imanes, condensadores y otros aparatos contruidos por el mismo.

Se trataba de la inducción electromagnética, la cual fue la semilla del trabajo y la gloria de muchos otros científicos e ingenieros, entre los más conocidos, el gran inventor estadounidense Thomas Alva Edison (1847-1931) quien creó la bombilla eléctrica, el fonógrafo y cientos de inventos; Nicola Tesla (1856-1943, Croacia),⁴ quien inventó, entre otras cosas, el transformador de voltaje, que esencialmente es el mismo que se usa actualmente para la transmisión de la electricidad a largas distancias; y Charles Proteus Steinmetz (1865-1923, alemán), el gran inventor, cerebro principal de la General Electric y quizás el más grande ingeniero eléctrico de todos los tiempos, quien introdujo los números complejos en las matemáticas⁵ de los circuitos eléctricos y realizó muchas mejoras al generador y al motor eléctrico.

Todos ellos y muchos más crearon la industria eléctrica moderna gracias a la cual, entre otras muchas cosas, si el lector es noctámbulo puede leer el presente artículo cómodamente con la ayuda de la bombilla de Edison, o al menos su

principio, sorbiendo un café preparado con una cafetera eléctrica alimentada por la electricidad que se genera por medio de la inducción de Faraday mediante un generador perfeccionado por Steinmetz, situado a cientos de kilómetros de distancia y que transmite sin pérdida notable de electricidad gracias a Tesla.

En 1873, James Clerk Maxwell (físico escocés) terminó de escribir su grandioso *Tratado de electricidad y magnetismo*⁶, trabajo con el cual nace la teoría electromagnética clásica moderna, unificando en una sola teoría los trabajos de investigación en óptica, electricidad y magnetismo realizados a lo largo de dos siglos por hombres tales como Newton, Cavendish, Biot, Coulomb, Oerstedt, Savart, Ampere, Faraday, Lenz y muchos más.

El trabajo de Maxwell influyó fuertemente el desarrollo de la física durante las siguientes décadas. Le dio un sentido matemático a conceptos tales como "líneas de fuerza" inventado por Faraday y formalizó el concepto físico de campo electromagnético, sintetizando las teorías de la electricidad y el magnetismo en la teoría del electromagnetismo mediante un conjunto de cuatro ecuaciones de campo, conocidas actualmente como ecuaciones de Maxwell o de campo electromagnético.

El trabajo que hemos mencionado fue de naturaleza teórica de muy alto nivel. Maxwell creó la primera teoría de campo unificado (electricidad y magnetismo), inspirando posteriores investigaciones en síntesis teóricas del mismo tipo, por ejemplo la que buscó infructuosamente Albert Einstein* (electromagnetismo y gravedad) o la que encontraron a finales de los 70 Sheldon L. Glashow* (físico estadounidense de ascendencia rusa), Steven Weinberg* (físico norteamericano) y Abduz Salam* (físico pakistaní que trabajó en electromagnetismo e interacciones débiles) y por la cual los tres compartieron el premio Nobel de Física en 1979.

Ahora bien, Faraday era físico experimental y por lo tanto estaba acostumbrado a trabajar en su laboratorio y a realizar mediciones con aparatos, razón por la cual no resulta tan difícil imaginar cómo pudo originar descubrimientos que cambiaron nuestra vida. En el caso de un físico teórico como Maxwell, ¿Cómo podría un trabajo de física teórica de altas energías o la gravedad cuántica tan despreciadas por los pragmatistas, cambiar nuestra sociedad y nuestras vidas? La realidad es que lo hizo de muchos

modos, el más conocido será explicado a continuación: El trabajo teórico de Maxwell predecía la existencia de ondas electromagnéticas que se mueven con la velocidad de la luz. De hecho más tarde se descubrió que la luz misma era una onda de tipo electromagnético.

No pasó mucho tiempo para que Heinrich Rudolph Hertz (físico alemán) buscara y lograra generar las ondas electromagnéticas predichas por Maxwell. Eso sucedió entre 1887 y 1888.

Se necesitaron ocho años para que a Guillermo Marconi* (físico e inventor italiano) se le ocurriera darle una aplicación práctica a las ondas generadas por Hertz (a las cuales se les daba el nombre de ondas hertzianas) y usarlas como medio de comunicación remota. En 1901 después de cinco años de pruebas e innovaciones, Marconi sorprendió al mundo al enviar un mensaje mediante una señal electromagnética que cruzó el atlántico desde Inglaterra a Terranova, y como muchas veces sucede en la investigación científica, obtuvo un extra: puso en evidencia la existencia de la ionosfera⁷.

El mensaje transmitido por Marconi era un mensaje en clave Morse; es decir, constaba de letras codificadas en puntos y rayas, y no se diferenciaba mucho de las señales con linternas que solían hacerse los barcos, antes de la invención de la radio, para comunicarse durante la noche.

Pasaron sólo cinco años más para que, en 1906, se transmitiera por primera vez una señal que portara sonido. Esto gracias a Reginald Aubrey Fessenden (1862-1932, físico canadiense), quien inventó un ingenioso modo de transmitir sonido mediante la modulación en amplitud de la onda electromagnética, al variar la amplitud de la onda electromagnética en correspondencia con la de una onda de sonido. Casi inmediatamente después ya se estaba transmitiendo música desde la costa de Massachussets. Así comenzó la industria de la radio.

Posteriormente surgieron muchos inventos que introdujeron ingeniosas mejoras a la tecnología de la radiotransmisión, como la invención de la frecuencia modulada, avances en la electrónica y en la tecnología de recepción y transmisión que culminarían con la transmisión de imágenes y sonido simultáneamente mediante el invento de la televisión.

Todos los hombres mencionados y muchos más cambiaron la sociedad y el modo de vivir del lector y de millones de personas alrededor del mundo, contribuyendo a crear una industria millonaria como la de la radio y la televisión. 🌿

Comentarios y Bibliografía:

1 La inversión destinada por la IP a la investigación científica, salvo contadas excepciones, es ínfima en comparación con la inversión del gobierno.

2 Para ello recomiendo el libro: Bunge, M., 1980. *Ciencia, técnica y desarrollo*, Ed. Hermes.

3 Un ensayo sobre el tema, escrito por el Premio Nobel de Química de 1985. Karel, J. *The role of Science and technology in future design*. Puede consultarse en: <http://www.nobel.se/physics/articles/karle/index.html>

4 En realidad, el Premio Nobel de Física de 1912 iba a entregarse a Edison y a Tesla, pero debido a su fuerte enemistad no estuvieron de acuerdo en compartirlo, por lo tanto no se le entregó a ninguno. Sin duda, Edison fue el más grande inventor de todos los tiempos y por esto existen muchos excelentes libros y biografías sobre su trabajo. Citaremos un libro donde se puede uno dar una idea de los trabajos que realizó Tesla: Martin, Thomas Commerford, 1894, *The inventions, researches and writings of Nikola Tesla*., Barnes & Noble Books.

5 Una vez más, podemos ver el proceso de retroalimentación entre ciencia pura y aplicada, si consideramos que los números complejos usados por Steinmetz fueron introducidos en su forma moderna por el matemático suizo Leonard Euler en 1777, usando para los números complejos la notación $a+bi$ donde a y b son números reales e i simboliza la raíz cuadrada del número -1 . Estos números fueron durante mucho tiempo considerados como "ficticios" (de allí el nombre imaginario, usado para denotar a i). Los intentos para encontrar significado a las raíces cuadradas de números negativos se remontan a la época del renacimiento, a los trabajos de los matemáticos italianos Tartaglia, Cardano y Ferrari de alrededor de 1545. Finalmente fue el gran matemático alemán Johann Karl Friedrich Gauss (1777-1855), considerado por muchos el más grande matemático de todos los tiempos quien con sus trabajos dio a los números complejos un carácter menos misterioso y más matemático-geométrico.

6 Maxwell, James Clerk; *A Treat Treatise on Electricity and Magnetism V1 and V2*. Dover.

7 La apuesta general era que no lograría transmitir un mensaje a tan grandes distancias, debido a que la radiación electromagnética se transmite en línea recta, esta no podría rodear la curvatura de la Tierra de un continente a otro. La ionósfera es la capa de la atmósfera que se encuentra aproximadamente a 100 km de altura y en la cual los gases se encuentran ionizados debido a la energía del sol. La ionosfera refleja las ondas electromagnéticas de ciertas longitudes de onda, permitiendo su transmisión a más largas distancias de la que permite la curvatura terrestre. Con la transmisión de su mensaje, Marconi puso en evidencia la existencia de la ionosfera.

El autor de este artículo agradece al Conacyt por el soporte brindado por medio de los proyectos 155492 y 246370, (Beca para realizar Estancia Sabática en el Posgrado DCTS del Cinvestav-IPN Unidad Zacatenco).



El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional felicita a sus investigadores y estudiantes que recientemente fueron distinguidos con un premio o reconocimiento nacional o internacional

Pedro Castro Borges
Departamento de Física Aplicada

Alejandro Cruz Sánchez
Departamento de Materiales

María Antonieta Fernández Herrera
Departamento de Física Aplicada

Luis Herrera Estrella
Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad

Agustino Martínez Antonio
Departamento de Ingeniería Genética de Plantas

Octavio Paredes López
Departamento de Biotecnología y Bioquímica

Daniela Soto Soto
Departamento de Matemática Educativa

Premio ALCONPAT

Premio Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos 2015

Beca para las Mujeres en la Ciencia
L'Oreal-Unesco-Conacyt-AMC 2015

The World 100. The visionaries who continue to reshape biotechnology -and the world

Segundo Lugar en el VII Premio Concyteg a la Innovación Tecnológica Guanajuato 2015

Premio WK Kellogg International Food Security Award and Lectureship

Premio Simón Bolívar



Fotografía: Efrén Díaz

CREAN POSGRADO BINACIONAL EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Mediante un consorcio internacional, el Cinvestav establecerá una maestría en vehículos eléctricos que dará inicio durante 2016, y estará enfocada a formar recursos humanos altamente calificados y aportar soluciones innovadoras para desarrollar este tipo de tecnologías en México. Para tal efecto, se estableció un convenio en el que participan, además del Cinvestav, el Sistema de Transporte Colectivo Metro (STC) de la ciudad de México; la Universidad Tecnológica de Compiègne (UTC) de Francia, así como la empresa Alstom Transport México.

“Nuestra idea es consolidar entre las cuatro instituciones una maestría en sistemas ferroviarios que será fundamental para el país, dada la expectativa que tenemos de contar con trenes rápidos”, dijo el Director General del Cinvestav, José Mustre de León.

Durante la firma de la carta de intención, el titular del Centro recordó que nuestra institución cuenta con los recursos adecuados para formar personal en estas áreas, como los departamentos de Control Automático, Computación e Ingeniería Eléctrica, además del Laboratorio Franco Mexicano de Informática y Automática (LAFMIA).

Mustre de León dijo que con el consorcio también se buscará consolidar un programa de capacitación continua del personal que opera y mantiene los equipos e instalaciones del STC Metro, con cursos especializados en aspectos como módulos de tracción y automatización de pilotaje. Por su parte, Alain Storck, Presidente de la UTC, precisó que con la formación de este polo universitario y tecnológico franco-mexicano, se pretende establecer un tronco común para la formación de alumnos que después podrán continuar sus estudios de doctorado en universidades francesas o mexicanas. Expresó que una de las áreas de estudio más importantes de la UTC, institución que a la fecha cuenta con 10 estudiantes mexicanos inscritos, tiene relación directa con el proceso ferroviario en áreas como procesos de simulación, modelación y transporte mediante vehículos inteligentes y autónomos.

Por su parte el ingeniero Rodelmario Ocampo, Director de Alstom Transport México, celebró la firma de este convenio y aseguró que con los más de 45 años de experiencia que tiene la compañía, se buscarán soluciones a los problemas de transporte mediante sistemas ferroviarios sustentables. ☺

(Guillermo Cárdenas)

Jorge Gaviño, Director del STC Metro; José Mustre de León, Director General del Cinvestav; y Alain Storck, Presidente de la Universidad Tecnológica de Compiègne



Fotografía: Efrén Díaz

A 25 AÑOS DE SU CREACIÓN

DEPARTAMENTO DE INFECTÓMICA Y PATOGÉNESIS MOLECULAR



Adolfo Martínez Palomo
Departamento de Infectómica
y Patogénesis Molecular
amartine@cinvestav.mx

El Departamento de Infectómica y Patogénesis Molecular conmemora 25 años de su creación. Mi intención en este breve texto es rememorar cómo se creó además de recuperar lo transitado en estos años.

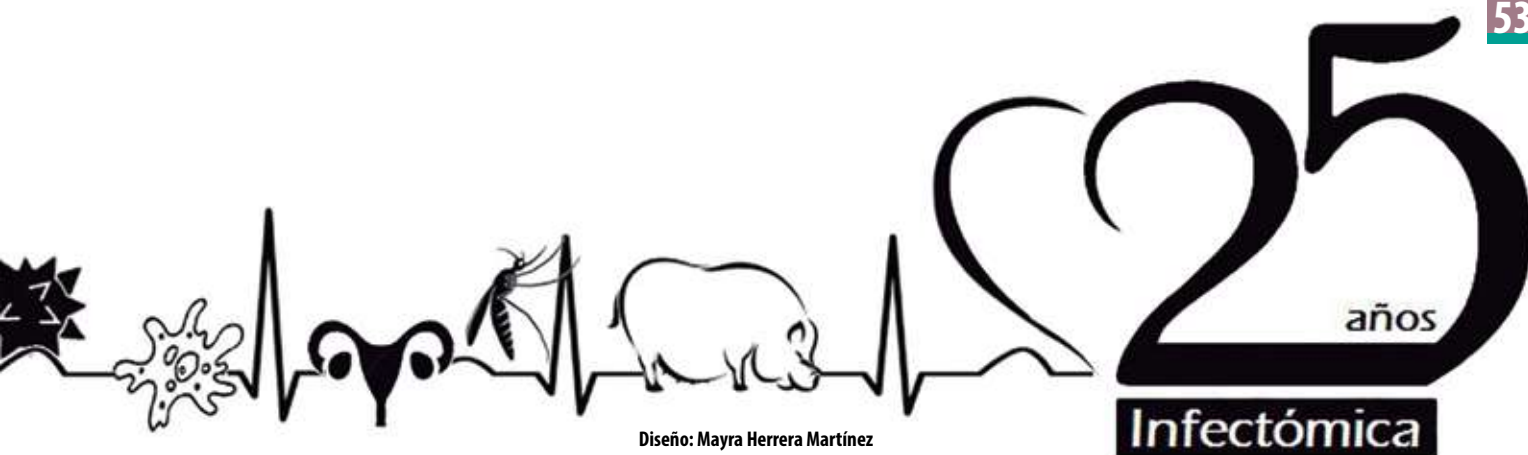
El antecedente del Departamento de Infectómica y Patogénesis Molecular del Cinvestav se remonta a septiembre de 1990, cuando inició cursos de maestría y doctorado bajo el nombre de Departamento de Patología Experimental (DPE). A su vez, el DPE se originó de la Sección de Ultraestructura Celular (SUC) del Departamento de Biología Celular.

La SUC había realizado labores de investigación, enseñanza, difusión y preparación técnica en el área de la microscopía electrónica aplicada a la biomedicina. Los trabajos científicos efectuados por sus miembros la colocaron como uno de los

grupos de microscopía electrónica más productivos de América Latina, y le permitieron alcanzar cierto renombre internacional. Por esta razón, a finales de 1978 la Dirección del Cinvestav aprobó un proyecto de ampliación de la SUC y la sugerencia de cambiar su denominación por la de Sección de Patología Experimental (SPE), con adscripción a las tareas docentes del Departamento de Biología Celular. En sus once años de actividad los investigadores de la nueva sección realizaron estudios sobre los mecanismos celulares que intervienen en el establecimiento de algunas de las enfermedades parasitarias humanas. Así, la SUC fue adquiriendo prestigio como grupo de excelencia en la investigación parasitológica, apoyada en buena medida en la labor científica y docente de Víctor Tsutsumi, proveniente del Registro Nacional de Patología de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, y de Carlos Argüello (q.e.p.d.), quien se trasladó del Departamento de Embriología del Instituto Nacional de Cardiología (INC) al Cinvestav.

La creación de la SUC y posteriormente de la SPE y del DPE fue el resultado de mi creciente interés por la ciencia, que surgió del contacto personal que tuve con cuatro grupos mexicanos de patología experimental. En los primeros años de mis estudios médicos en la Facultad de Medicina

Las investigaciones que realiza la planta académica del DIPM genera alrededor de 35 publicaciones anuales en revistas de alto impacto



(1958-1959) tuve la oportunidad de iniciarme en la investigación bajo la guía de Dionisio Nieto y Alejandro Escobar, en el laboratorio de neuropatología del entonces Instituto de Investigaciones Médicas y Biológicas (hoy Instituto de Investigaciones Biomédicas) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

En la mitad de mi carrera, realizada en un fugaz pero exitoso grupo piloto fui alumno de Ruy Pérez Tamayo, titular del curso de patología; gracias a ello pude convivir durante un año con él y con profesores de la Unidad de Patología del Hospital General, entre ellos Marcos Rojkind y Roberto Kretschmer. Posteriormente (1963-1964), realicé mi tesis de licenciatura en medicina en el laboratorio de anatomía patológica del INC, donde recibí enseñanzas de Rosario Barroso, Isaac Costero, Raúl Contreras y Agustín Chévez. Más tarde (1968-1971) me integré al laboratorio de microscopía electrónica de ese departamento.

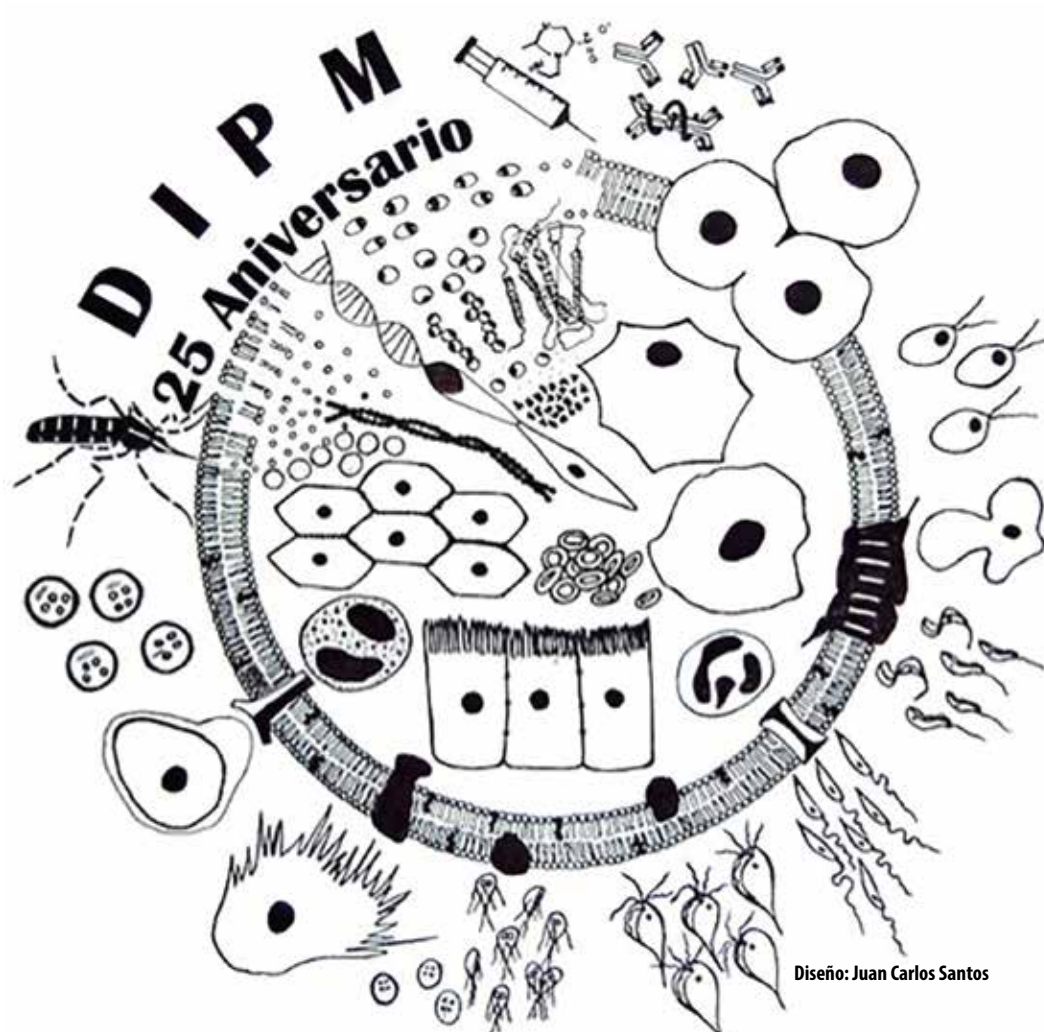
La inesperada oportunidad de especializarme en la aplicación de la microscopía electrónica al campo de la patología humana me abrió las puertas del laboratorio de Amador González Angulo, en el Hospital General del Instituto Mexicano del Seguro Social, y posteriormente, gracias a una generosa beca de la UNAM, realicé investigaciones sobre la ultraestructura del miocardio en la Universidad Queen's, en Canadá (1965-1966), con Sergio Bencosme, y analicé después las alteraciones ultramicroscópicas de las células cancerosas en el laboratorio de Wilhelm Bernhard (1966-1967), del Instituto de Investigaciones sobre el Cáncer, en París. Todas epatología experimental.

Vale la pena recordar que en las décadas de los 70 y 80 del siglo pasado, la mayor parte de los grupos activos en investigación biomédica realizaban estudios que recaían en la categoría de investigación fundamental. Por esos años, el realizar investigación para estudiar problemas de salud del país, como las infecciones, era visto con

cierto desdén, por lo que se tuvieron que encontrar estímulos para lograr que grupos destacados de científicos especializados en la bioquímica, la inmunología o la biología molecular se interesaran paulatinamente en indagaciones relacionadas con problemas vigentes de salud. Las subvenciones que se otorgaron a la SPE por las fundaciones Rockefeller, MacArthur y McConnell Clark facilitaron la incorporación de esos grupos al trabajo de la sección y permitieron, además, entrar de lleno en contacto y, por qué no decirlo, en competencia con científicos de universidades de gran renombre como Harvard, Oxford y Berkeley, entre otras, a través de la redes internacionales de investigación en parasitología celular y molecular establecidas por esas fundaciones.

Fue así que, desde su inicio, el DPE ofreció un nuevo programa de maestría y doctorado dirigido a egresados de licenciaturas relacionadas con la salud (medicina, biología, bacteriología, parasitología, veterinaria, etcétera). A diferencia de los planes tradicionales de posgrados vigentes en esos años en el país, el programa tuvo como base la investigación biomédica multidisciplinaria, en el que el alumno tiene una perspectiva amplia de los métodos, los conceptos y el campo de acción de las diferentes subespecialidades que integran la patología experimental moderna: la anatomía patológica, la bioquímica, la inmunología, la biología celular, la biología molecular y la biología del desarrollo. La idea de este programa sigue siendo la de formar integralmente maestros y doctores en ciencias biomédicas capaces de responder a los retos de la salud nacional.

El DPE estudió las infecciones parasitarias más importantes en el país: la amibiasis, la giardiasis, el paludismo, la leishmaniasis y la tricomoniasis. El objetivo de las investigaciones fue variable de acuerdo al padecimiento en cuestión. En algunas infecciones, como la amibiasis, los estudios estuvieron orientados a conocer mejor la biología del parásito y la existencia de dos especies



de amibas: una invasoras y la otra no invasora; analizaron la interacción huésped-parásito en modelos experimentales, desarrollaron mejores métodos de diagnóstico y encontraron medios de inducción de inmunoproliferación. En el caso del paludismo, por ejemplo, el interés se centró en el análisis de los caracteres biológicos de los mosquitos transmisores y en el análisis molecular de la interacción entre el plasmodio y el mosquito. Asimismo, inició estudios de infecciones virales en el humano como el dengue, que constituyen un problema de salud en México.

Al abordar, por un lado, problemas de salud importantes para el país y, por otro, al concentrar el estudio sobre todo en infecciones parasitarias a través de un planteamiento multidisciplinario, se creó un ambiente propicio para el intercambio académico, que complementa las capacidades y los intereses individuales de los investigadores y los alumnos con la consecución de objetivos comunes. Ello permitió un intercambio activo de experiencias, métodos para la realización de investigaciones en bioquímica, biología molecular, biología celular, patología e inmunología, comparables al que se encuentra en los laboratorios de punta de los países desarrollados.

Mientras que en 1990 el DPE tenía tan solo tres investigadores con doctorado, el mismo número con maestría y dos con licenciatura, en 1998 los

“
A lo largo de
los primeros 25
años... han
logrado contribuir
significativamente
al conocimiento
universal y a
formar 166
maestros y 121
doctores en
la especialidad

16 profesores del departamento dirigido en ese tiempo por Víctor Tsutsumi (Bibiana Chávez, Rosa María del Ángel, Rossana Arroyo, Martha Espinosa Cantellano, Arturo González Robles, Ana Lorena Gutiérrez, Fidel Hernández, Juan Kouri, Adolfo Martínez Palomo, Esther Orozco, Mario Alberto Rodríguez, José Luis Rosales, Leopoldo Flores, Mineko Shibayama, Patricia Talamás) eran todos doctores en ciencia.

Finalmente, en 2010 se decidió cambiar el nombre del DPE al de Departamento de Infectómica y Patogénesis Molecular, con la idea de que la nueva designación definiera mejor su campo de acción en la investigación y la docencia de posgrado: la infectómica, dirigida al estudio de enfermedades infecciosas parasitarias y virales, y la patogénesis molecular, concentrada en determinar los mecanismos de producción de enfermedades, desde las crónico-degenerativas, como la osteoartritis, hasta las alteraciones en la respuesta inmune que se observan en la esclerosis múltiple.

A lo largo de los primeros 25 años el DPE y posteriormente el Departamento de Infectómica y Patogénesis Molecular han logrado contribuir significativamente al conocimiento universal y a formar 166 maestros y 121 doctores en la especialidad. No parece excesivo considerar a esta labor de cinco lustros, que hoy se recuerda, como una historia de éxito. 

ENTRE EL REALISMO MÁGICO Y UNA NUEVA FÍSICA DE PEDRO PÁRAMO



Efrén Díaz Millán

Subdirección de Intercambio Académico
ediazm@cinvestav.mx

“Vine a Comala porque me dijeron que acá vivía mi padre, un tal Pedro Páramo. Mi madre me lo dijo. Y yo le prometí que vendría a verlo en cuanto ella muriera”, son las palabras con las que inicia *Pedro Páramo*, novela emblemática de la literatura mexicana, escrita en 1955 por Juan Rulfo (México, 1917-1986) hace seis décadas, y considerada como la precursora del realismo mágico.

Pedro Páramo es la “trabazón” de historias que dan cuenta de un pueblo donde los personajes muertos, al contar parte de su existencia, parecen vivos, y donde los vivos al reconstruir su pasado parecen muertos. En Comala, la experiencia de vivos y muertos se desarrolla entre su pasado y presente, con una mezcla de pasiones rencores, anhelos e ilusiones envueltos en un ambiente de fatalidad, venganza, sumisión, complicidad y traición que da origen a una “ficción real” del México rural.

El drama de Comala, “el Macondo de por acá” como diría Jorge Ibarguengoitia, con su geografía agreste de cerros pelones en forma de media luna, se reconstruye a partir de la existencia de Juan Preciado, que va descubriendo sus orígenes a través de voces, fantasías, figuraciones y muchos murmullos “enmarañados”, que le permiten entenderse como un hijo no reconocido de Pedro Páramo.

Por su complejidad argumental que no presenta una historia lineal sino fragmentada, el uso de una estructura dramática con base en *flash-back* y elipsis que trastocan el tiempo y espacio entretejidas alrededor de sus personajes, así como el empleo de un lenguaje arraigado en la tradición oral del país plagado de palabras “metafóricas”, ya es considerada como una obra maestra de la literatura universal.

Se han dado múltiples interpretaciones a la obra de Rulfo, pero llama la atención la de Gustavo Fares, en su artículo *Pedro Páramo de Juan Rulfo y la nueva física**, que le encuentra aproximaciones a la teoría de la relatividad, la mecánica cuántica y el modelo estándar.

“La comparación se hace posible si se considera que los conceptos científicos de espacio, tiempo, materia, número, son en última instancia, metáforas del lenguaje que expresan la necesidad del ser humano de crear constantemente sentidos y valores para entender el mundo externo”, sostiene Fares.

Se argumenta que “la física propone un universo interrelacionado, donde no hay un lugar separado desde donde se pueda observar el mundo... La realidad pasó de estar dominada por fenómenos absolutos y separados, tiempo y espacio que dejan de ser absolutos y se relacionan de modo que lo que sucede en un lugar pueda transformar el todo”.

Juan Rulfo falleció en la ciudad de México el 7 de enero de 1986, pero a diferencia de Pedro Páramo, que murió dando “un golpe seco contra la tierra y se fue desmoronando como si fuera un montón de piedras”, se convirtió en un autor de culto. ☺



Fotografías: Fundación Juan Rulfo

Rulfo, Juan, 2011. *Pedro Páramo*. Ed. FCE, Colección Popular.

* Fares, Gustavo, 2009. *Pedro Páramo de Juan Rulfo y la nueva física*. Cuad. CILHA, Mendoza, Vol. 10, Núm. 2, diciembre. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-96152009000200002&lng=es&nrm=iso

MÚSICOS Y MEDICINA

HISTORIAS CLÍNICAS DE GRANDES COMPOSITORES



Víctor Juárez Lomán

Subdirección de Intercambio Académico

vjuarez@cinvestav.mx



El color ocre de un enorme cartel que promovía conferencias-concierto de El Colegio Nacional hizo que me detuviera a leerlo. Noté con agrado que el ciclo estaba a cargo de Adolfo Martínez Palomo, investigador, ex director y emérito del Cinvestav, donde se le conoce no sólo por su alta calidad académica y una incansable labor de investigación, sino también por su afición a la música. En el mismo cartel, a la altura de la frente de una viñeta de Chopin, se hacía referencia a la presentación de su nuevo libro: *Músicos y medicina. Historias clínicas de grandes compositores*.

Desde mi juventud he sostenido que la música es la medicina del alma. Si entristecía, escuchaba la alegría de Vivaldi o Bach; si me enojaba, la templanza de Pachelbel, Elgar o Chopin; ante la duda, el poder de Mahler, Wagner o Beethoven y así indefinidamente.

La profunda comprensión del tema y la rigurosa investigación, así como la extensa fuente documental severamente analizada, nos conducen a lo largo de 250 años de la historia clínica de una decena de compositores que han sido protagonistas indispensables para la música. Se puede notar cómo en cada uno de esos 10 movimientos, la historia personal inicia su melodía, después, en el compás correspondiente, entra la historia clínica y finalmente se escucha el clímax con las causas de muerte de cada compositor, leyendo así un perfecto canon.

Al escuchar esta sinfonía elegantemente escrita, visualicé dos cosas casi al instante, la primera fue hacer tangibles los grandes avances médicos que han sucedido en —relativamente— poco tiempo. Pongo un ejemplo concreto: hace alrededor de 160 años, a Rossini lo trataron de hemorroides con sanguijuelas y purgantes, práctica que parece más apegada a un castigo de la Inquisición que a un tratamiento médico serio. La segunda, fue que la seductora escritura del autor logró hacerme reflexionar acerca de los genios musicales, pues pude humanizarlos y, de ese modo, bajarlos del pedestal en el que yo mismo los coloqué, mostrándome que aquellos personajes son “casi” como cualquiera de nosotros. Hago síncope en el “casi”, porque ellos sí cumplen con un requerimiento que es mencionado con senda cita de Edison: “el genio es 99 por ciento sudoración y uno por ciento inspiración”. No todos lo consiguen.

La exhaustiva investigación clínica e histórica que realizó el autor durante más de 20 años queda documentada en este libro

Martínez Palomo, A., 2015, *Músicos y medicina. Historias clínicas de grandes compositores*. Editado por El Colegio de México, UNAM, Cinvestav.

Adolfo Martínez Palomo alza con fuerza la batuta la gira un par de veces en el aire y, con decisión, da por terminada la sinfonía que escribió a través de 200 excelentes páginas.



Cinvestav

Convocatoria

El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional y el grupo Farmacéutico Neolpharma, convocan a todos los investigadores que laboran en México en las áreas de bionanotecnología a participar en el



PREMIO A LA INNOVACIÓN EN BioNano Tecnología

Cinvestav-Neolpharma 2015

Dirigido a científicos y grupos de investigación que realicen sus labores en hospitales, universidades, instituciones nacionales de salud y centros de investigación, públicos o privados en México, en el área de Bionanotecnología.

NEOLPHARMA
GRUPO FARMACÉUTICO

Bases en:

<http://premiobionano.cinvestav.mx/>



El Cerebro y las Enfermedades Neurodegenerativas

diciembre 2015 - febrero 2016

Museo de Ciencia
El Péndulo de Foucault

Centro Educativo y Cultural del
Estado de Querétaro "Manuel Gómez Morín"
CONCYTEQ