

BOGDAN MIELNIK

Del científico a la persona

VIRUS

Entre la emergencia y la reemergencia

ONDAS GRAVITACIONALES

¿El descubrimiento del siglo?

Vol. 1 No. 4
Junio-Agosto 2016
México



Cinvestav

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN



FONDO
DE CULTURA
ECONÓMICA

Para honrar el incansable trabajo de Ruy Pérez Tamayo en laboratorios y aulas, así como su tenacidad como autor de libros para expertos y legos, y con el propósito de fomentar la escritura de libros que pongan la ciencia y la tecnología contemporáneas al alcance del público en general y despierten su interés por el conocimiento y los métodos de las ciencias, el Fondo de Cultura Económica convoca al

III Premio Internacional de Divulgación de la Ciencia

RUYPÉREZ TAMAYO

ÚLTIMO DÍA DE RECEPCIÓN DE MANUSCRITOS 30 DE JUNIO DE 2016.



Bases en: www.fondodeculturaeconomica.com/editorial/concursos

CONTENIDO

ESCORPIÓN PREHISTÓRICO/ LA GENEROSIDAD
NACE EN LOS NIÑOS

04 28

A 40 AÑOS DE LA ENCRIPCIÓN
INFORMÁTICA / HACIA LA NUEVA ERA DE LOS
ANTIBIÓTICOS

05 32
34

¿SE DERRITE CASQUETE POLAR?

06 36

FORTALECE CINVESTAV COOPERACIÓN CON
ALEMANIA

07 39

VISIONES INCOMPLETAS...

08 42

MIS PRIMEROS ENCUENTROS CON
BOGDAN: VARSOVIA, 1962-1967

14 44

ÉPOCA DE ESTUDIANTE

18 45

UN PASEO POR EL MUNDO CUÁNTICO

19 48

CONOCIMIENTO Y SABIDURÍA

22 50

MIELNIK 1984*

24 55

SEGURAMENTE ESTÁ BROMEANDO, DR.
MIELNIK

26 56

LAS EPIDEMIAS POR VENIR

¿QUÉ SABEMOS DEL ZIKA?

INFLUENZA, LA AMENAZA CONSTANTE

LA PELIGROSA RUTA DEL CHICUNGUNYA

LAS ENFERMEDADES QUE NO SE FUERON

EL VUELO DEL MOSQUITO: UN DEBATE
SOBRE MOSQUITOS

DESCIFRADO GENOMA DEL FRIJOL

TRAS EL MITO DE LAS ONDAS
GRAVITACIONALES

EL ENIGMÁTICO NÚMERO π

EL OBSERVADOR DE PÁJAROS

SALIDA DEL SOL EN LAS COLINAS
NANOESTRUCTURADAS INSB

LA QUÍMICA DESDE OTROS ÁNGULOS

DIRECTORIO CINVESTAV



Visiones oníricas
en torno al trabajo
científico de Bogdan
Mielnik

José Mustre de León

Director General

Gerardo Herrera Corral

Secretario Académico

José Luis Leyva Montiel

Secretario de Planeación

Jesús Corona Uribe

Secretario Administrativo

Revista AyP

Gerardo Herrera Corral
Editor

Efrén Díaz Millán
Fotografía

David José Fernández Cabrera
Editor invitado

Víctor Durán Mejía
Diseño editorial

Ricardo Cerón Plata
Coordinador editorial

Josefina Miranda López
Asistente secretarial

Wendolin Collazo Rodríguez
Corrección de estilo

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

Víctor Juárez Lomán
Redacción

Héctor de la Peña Durán
Guillermo Cárdenas Guzmán
Reporteros

Elizabeth Licona González
Infografías y portada

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

 RevistaAvanceyPerspectiva

 @revistaayp

 avanceyperspect/

 AvanceyPerspectiva



Avance y Perspectiva, Vol 1, No. 4, junio-agosto 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, Ciudad de México, 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, Ciudad de México, fecha de última modificación, 20 de mayo de 2016.

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

Aquel que conoce el Cinvestav, conoce a Bogdan. A sus escasos 80 años, Bogdan Mielnik es, sin duda alguna, un referente no sólo de su Departamento (del cual es el primer graduado), también lo es de nuestra institución. Quienes nos dedicamos a la física conocemos su alcance y trascendencia; quienes están en otras disciplinas lo conocen por su irreverencia y rebeldía intelectual.

Así, en el marco de los festejos del 55 Aniversario del Cinvestav, es que rendimos homenaje al Departamento de Física, parte de los cuatro departamentos fundadores, dedicando el número a uno de los más reconocidos miembros de su colegio. Agregó; no sólo aquel que conoce el Cinvestav, conoce a Bogdan. Muestra de ello es que en este número especial hablan de él personalidades de distintas latitudes, pero con una coincidencia: el aprecio y cariño por la persona y su trabajo. Es a través de las letras como se muestran distintas anécdotas de diversas épocas, para darnos una imagen reconstruida de uno de los físicos más notables de nuestro país.

Sin embargo, no todo son homenajes y gratos recuerdos, la realidad abarca otros ámbitos y por ello dedicamos varias páginas a los virus emergentes y reemergentes que invaden el país. A este tipo de temas que son coyunturales, es imperativo abordarlos con la veracidad que caracteriza a los investigadores especialistas del Cinvestav.

En este cuarto número hablamos, además, de las ondas gravitacionales. Esas que dicen haber detectado por primera vez de manera directa, incluso antes de su inauguración, en el Observatorio de Ondas Gravitacionales por Interferometría Láser (LIGO, por su siglas en inglés). Si sus investigadores lograron eso antes de que el detector funcionara formalmente, ¿qué conseguirán con el tiempo?

Los dejo, pues, para que puedan conocer más de los virus actuales, la probable comprobación de la Teoría de la Relatividad y, en especial, para empararse del carisma de Bogdan, por quien, de manera personal, siento admiración, aprecio y gratitud. ☺

ESCORPIÓN PREHISTÓRICO

Un fósil de escorpión que vivió hace 100 millones de años, es decir, al mismo tiempo que los dinosaurios, fue hallado en Birmania por un equipo internacional dirigido por Michael S. Engel, de la Universidad de Kansas y el Museo Americano de Historia Natural de Estados Unidos. La especie conocida como *Electrokoenenia yaksha* es de color amarillento con una dimensión menor a la de un arroz.

Los científicos aseguran que la muestra de 1.47 milímetros de largo corresponde a una hembra de esta especie. Sus características son semejantes en detalles morfológicos a los escorpiones existentes en la actualidad, reflejando similitudes biológicas y hábitos consistentes en los últimos 100 millones de años.

Aseguran que faltan detalles de este ejemplar de la era Mesozoica debido a las propiedades del ámbar que, si bien conserva el organismo, también es susceptible a fracturas microscópicas.



Imagen: The Science of Nature

El hallazgo descrito en la publicación *The Science of Nature*, afirma que el único escorpión registrado anteriormente está revestido de piedra caliza de una formación de mármol ónix, lo que en términos geológicos significa entre 94 y 97 millones de años más joven que el *Electrokoenenia yaksha*.

Los científicos esperan descubrir ejemplares similares para promover el estudio a detalle de estos diminutos artrópodos de cuerpo blando. Engel asegura que “por su tamaño es fácil pasarlos por alto, sobre todo si se coloca cerca de otros elementos fosilizados, escombros, o si se encuentran entre las fisuras del material donde está atrapado”.

LA GENEROSIDAD NACE EN LOS NIÑOS

Un estudio de la Universidad de Chicago encontró, mediante el registro de la actividad cerebral, que la conducta generosa de los niños requiere un proceso de pensamiento controlado y no de una respuesta emocional inmediata.

Jason Cowell y Jean Decety, encargados del proyecto, llegaron a esta conclusión al grabar la actividad cerebral de niños de entre tres y cinco años de edad mientras veían dibujos animados con escenas de ayuda o violentas, después los menores tenían que tomar la decisión de apoyar y compartir con un infante desconocido.

Tras visualizar las escenas, a los menores se les dieron 10 calcomanías que debían conservar, pero se les explicó que al siguiente niño en llegar no se le habían dado dichas estampas y se les preguntó si alguno deseaba compartir las suyas. Si era el caso, tenían que ponerla en una caja mientras nadie los mirara. En promedio, los niños compartieron dos calcomanías.

Las ondas neuronales indicaron que los juicios morales que hicieron dependían de una combinación entre el procesamiento automático pre-

vio, mientras observaban los videos donde aparecían escenas de ayuda o en las que se perjudicaba a alguien, más una reevaluación posterior y más reflexiva de esas escenas. Pero fue ese segundo paso de evaluación lo que permitió a los investigadores predecir si un niño iba o no a compartir sus estampas.

Estos resultados, publicados en la revista *Current Biology*, proporcionan una evidencia de que animar a los niños a reflexionar sobre el comportamiento moral de otros, fomenta la generosidad.



Fotografía: Efrén Díaz

A 40 AÑOS DE LA ENCRYPTACIÓN INFORMÁTICA

Fotografía: Efrén Díaz y Héctor de la Peña



El reconocido Premio Turing, que otorga la Asociación para la Maquinaria Computacional a las aportaciones más significativas en la informática, fue entregado a Whitfield Diffie y Martin E. Hellman, fundadores de la encriptación moderna.

El innovador artículo de los ganadores, *Nuevas Direcciones en Criptografía*, publicado en 1976, introdujo las ideas de esta rama de la informática y las firmas digitales de clave pública, sentando las bases de los protocolos de seguridad que hoy en día encontramos en internet. Gracias a esta investigación existe mayor seguridad en los pagos en línea o en los envíos de archivos personales.

Los ganadores comentan que entre 1974 y 1977, cuando trabajaron juntos para crear este protocolo, intuían la relevancia de su invención pero no imaginaban que el impacto fuese a ser tan duradero y profundo. “La Agencia Nacional de Seguridad (estadounidense) ha trabajado con nuestras bases. Nosotros pensábamos que tendría una validez de 10 años, no de 40”, apunta Diffie. Por su parte, Hellman cree que el sector financiero es uno de los que más se ha beneficiado, él mismo lleva años siendo miembro del consejo asesor de *Paypal*, herramienta más empleada en el comercio electrónico. “El nombre viene, precisamente, de la idea de pagar algo entre dos amigos, entre dos iguales, sin intermediario”, afirma.

El Premio Turing, dotado con un millón de dólares, es el galardón considerado el Nobel de la informática y debe su nombre al prestigioso matemático Alan Turing. ☞

HACIA LA NUEVA ERA DE LOS ANTIBIÓTICOS

Con la ayuda de la minería genómica, Pablo Cruz Morales, egresado de Cinvestav, devela la diversidad química oculta en bacterias para facilitar el hallazgo de nuevos antibióticos.

La investigación merecedora al Premio Weizmann, en la categoría de Ingeniería y Tecnología otorgado por la Academia Mexicana de Ciencias, se enfoca en el análisis genómico de *Streptomyces*, las bacterias de las que se obtienen la mayoría de los antibióticos más populares, así como otras sustancias antitumorales y antiparasitarias.

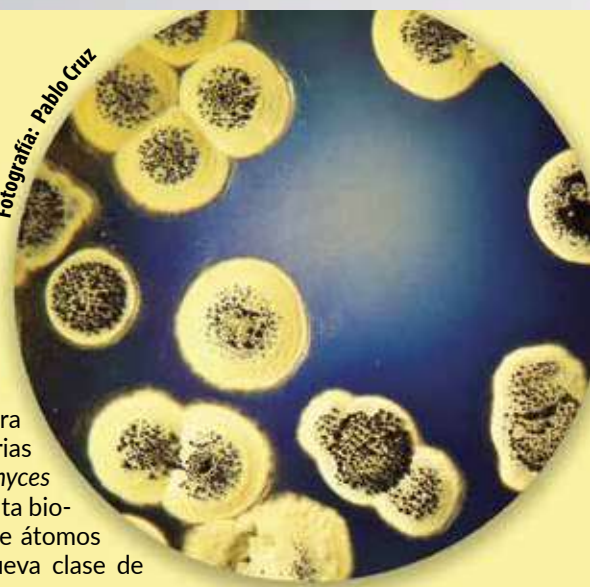
Para esta investigación, bajo la dirección de Francisco Barona Gómez, de la Unidad de Genómica Avanzada del Cinvestav, utilizaron una plataforma bioinformática llamada *EvoMining*, que analiza la historia evolutiva del metabolismo de las bacterias a partir de sus genomas, que ayudan a descubrir nuevas rutas metabólicas.

“Utilizando esta plataforma para la minería genómica en la bacterias *Streptomyces coelicolor* y *Streptomyces lividans*, descubrimos la primer ruta biosintética para la incorporación de átomos de arsénico, ejemplo de una nueva clase de moléculas”.

De igual forma Pablo Cruz asegura que se tiene en proceso la patente de un compuesto descubierto con esta tecnología y que sirve para inhibir la proteólisis, es decir, la degradación de proteínas.

La tesis propone una nueva forma de localizar la diversidad química en las bacterias y predecir el potencial que se encuentre en ellas. “Identificar moléculas bioactivas, lo que llamamos bioprospección, es un juego de números como lo fue en la década de 1960 y 1970, pero ahora con las nuevas herramientas genómicas tenemos más control sobre ese azar. ☞

Fotografía: Pablo Cruz



¿SE DERRITE EL CASQUETE POLAR?

El 24 de marzo pasado, la superficie de los glaciares del Ártico llegó a 14.52 millones de kilómetros cuadrados, cifra que, de acuerdo a la NASA, es un nuevo récord a la baja en su extensión máxima invernal en los registros satelitales, que se iniciaron en 1979. Esto significa que fue 20 mil kilómetros cuadrados menor que lo registrado el año pasado (14.54 km²), lo que representa menos del 0.15 por ciento de su superficie total.

Cada año, la cubierta de hielo en la superficie del océano Ártico y sus áreas circundantes se derrite durante la primavera y verano y recupera su volumen en los meses de otoño e invierno, para alcanzar su extensión máxima entre febrero y abril, periodo en que se tomó el registro. 

FORTALECE CINVESTAV COOPERACIÓN CON ALEMANIA

Con el objetivo de promover la colaboración científica y tecnológica en los campos de la física aplicada, medicina nuclear y física atómica, el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) firmó un convenio de colaboración con la Instalación para la Investigación de Antiprotones e Iones (FAIR por sus siglas en inglés) en Alemania.

José Mustre de León, director del Cinvestav, resalta que el Centro es la única entidad educativa y de investigación en México que tiene un acuerdo de colaboración con FAIR, lo que ayudará a mantener a la institución en un lugar de competencia mundial.

Por su parte, Gerardo Herrera Corral, investigador del Cinvestav y asociado de la Organización Europea de Investigación Nuclear, explica que FAIR es uno de los laboratorios más grandes de Alemania. Es en esta institución donde se reúne al complejo de nuevos aceleradores de partículas más importante de Europa, "lo que permitirá realizar una gran variedad de experimentos destinados al estudio de nuevos estados de la materia, así como de diversos aspectos que aún no entendemos sobre el desarrollo del universo".

El acuerdo comprende colaborar con el diseño y construcción de lo que será el complejo de aceleradores de antiprotones y de iones más grande de Europa y al mismo tiempo activar el intercambio de científicos. En paralelo, se efectuarán acciones orientadas a la aplicación tecnológica en física de materiales, de plasmas y biofísica.

Ambas instituciones declararon su intención de promover el intercambio científico y tecnológico, así como realizar actividades de investigación y desarrollo relacionados con las instalaciones previstas en FAIR.

Gracias a la participación y experiencia del Cinvestav en proyectos dentro del Gran Colisionador de Hadrones, Herrera Corral afirma que "los investigadores del Centro pueden hacer valiosas aportaciones en el diseño y construcción de detectores para este tipo de experimentos y, al mismo tiempo, beneficiarse de la cooperación".

La construcción de un acelerador de antiprotones e iones apresurará los avances tecnológicos en muchas áreas, por ejemplo en informática o en las técnicas de la superconductividad.

Se estima que aproximadamente 3 mil científicos de todo el mundo realizarán investigaciones de vanguardia en FAIR, con experimentos únicos donde obtendrán nuevos conocimientos sobre la estructura de la materia y la evolución del universo.

La firma de este convenio se une a los ocho acuerdos de cooperación entre México y Alemania, que van desde el ámbito científico y tecnológico, económico, de la salud, energía e intercambio comercial, así como una declaración conjunta enfocada a la cooperación y creación de capacidades en los ámbitos de integridad, transparencia y prevención de la corrupción. 

(Wendolin Collazo)



Fotografía : Presidencia de la República

Los directores de Cinvestav y FAIR, José Mustre de León y Boris Sharkov, respectivamente, firmaron un acuerdo de colaboración científica en presencia de la secretaria de Relaciones Exteriores, Claudia Ruíz

VISIONES INCOMPLETAS...



Bogdan Mielnik
Departamento de Física
bogdan@fis.cinvestav.mx

Si a alguien le interesa, mi familia era de origen bastante mixto. Mi madre nació en el Cáucaso. Su padre, Manvelian, fue un empleado armenio en las líneas ferroviarias. La burocracia del zar cambió los apellidos de sus empleados para que parecieran rusos. Mi madre nació ya como Boleslawa Manwelow. Su madre fue lituana de nombre Gieysztor. La hermana de su madre se llamaba Romana y viajaba mucho, acabó la universidad en San Petersburgo y después estudió en la Sorbona en París. Cuando era una muchacha mi madre fue enviada a Polonia. Sus padres se perdieron en Rusia. Después de la Primera Guerra, Boleslawa acabó la escuela y fue una de las pocas mujeres que se graduaron (en química) en el Politécnico de Varsovia.

Mi padre, Karol Mielnik, fue hijo de una familia proletaria en Lwow (hoy Lviv, Ucrania). El apellido indica que tuvimos algún antepasado ucraniano. Su padre juró que sus hijos estudiarían. Karol ingresó al politécnico pero lo dejó cuando entró al ejército. Participó en la histórica batalla de Varsovia de 1920. Pronto, sin embargo, se volvió incómodo debido a sus dudas sobre las capacidades defensivas de Polonia y tuvo que abandonar el ejército. Esto fue una suerte, pues Karol empezó a trabajar en las manufacturas y llegó a ser director de una de ellas.

Karol y Boleslawa se casaron en 1933 y viajaron mucho. Como fotógrafo aficionado Karol retrató con paciencia los paisajes a la luz de la luna. Yo nací el 6 de mayo de 1936. En 1938-39 ya olía a guerra. Muchos dueños de casas en provincia preferían venderlas y refugiarse en Varsovia (¡la creían bien defendida!). Karol no compartía la ilusión así que vendió lo que pudo

y compró una casa vieja, con muros gruesos, construida en 1909 en la ciudad provincial de Brwinów. Alrededor había un amplio parque. Allí llegamos en mayo de 1939.

La guerra estalló el 1 de septiembre de 1939. Mi padre fue movilizado y salió precipitadamente. Pronto perdimos noticias de él. Los alemanes cercaron Varsovia, que después de una defensa desesperada, cayó en septiembre de 1939. Polonia fue atacada desde el Este por las tropas soviéticas, aliadas entonces con Hitler.

En Brwinów quedamos Boleslawa, Romana, la ayudante Anna y yo. Mi madre encontró trabajo en una pequeña empresa. La abuela Romana fue maestra en una escuela clandestina (los ocupantes prohibían la educación). Yo pasaba el tiempo en la casa y en el jardín. En los veranos mi único deporte era subir a los árboles. Debo mi sobrevivencia a un intenso esfuerzo de las tres mujeres, en una Polonia gobernada por los nazis.

La guerra terminó en 1945 y al año siguiente apareció mi padre después de sus viajes por Yugoslavia, Francia y Gran Bretaña. En Polonia encontró un trabajo en la destruida Varsovia, mientras que mi madre entró al Instituto de Aviación.

Yo pasé tal cual las clases de primaria. Casi no cultivaba los deportes, aparte de trepar a los árboles. Después me convertí en devorador de libros, especialmente de historia. Esto irritaba a Karol, quien exclamaba: *¡Este solamente tiene la nariz en los libros. Nunca ayudará en casa!*

Mi contacto con la religión no era fácil. Mi familia era católica. Mi madre, agobiada por el trabajo y el estrés era muy creyente. Karol lo era menos. Con ayuda de Romana cuidaban que siempre rezara antes de dormir. En la escuela tuvimos clases de religión. Después, las confesiones y las comuniones. Pero un día ocurrió una crisis. Junto con un grupo de alumnos platicábamos con el sacerdote, quien en cierto momento dijo

$$A(t)U(t); \quad U(t_0) = 1$$

$$1 + \int_{t_0}^t A(t_1) \underline{U(t_1)} dt_1$$

$$1 + \int_{t_0}^t A(t_1) dt_1 + \int_{t_0}^t \int_{t_0}^{t_1} A(t_2) dt_2$$

$$1 + \int_{t_0}^t A(t_1) dt_1 + \int_{t_0}^t \int_{t_0}^{t_1} A(t_2) dt_2$$

$$+ \int_{t_0}^t \int_{t_0}^{t_1} \int_{t_0}^{t_2} A(t_3) A(t_2) dt_3$$



Fotografía: Karol Mielnik, colección particular Bogdan Mielnik

algo sobre *¡aquellos pobrecitos no creyentes!* Esto fue suficiente. De repente, entendí que no era creyente. Quedé casi petrificado. Ya en casa, traté de imaginar que eso era sólo una ilusión, pero sin éxito. En mi confesión al sacerdote admití que tenía dificultades para creer. Me recomendó trabajo físico y plegarias, rogar a Dios. No ayudó. ¡Cuanto más rogaba, tanto menos creía!

Me ayudó un poco una nueva afición: empecé a dibujar flores y edificios fantásticos. Esto no quiere decir que tuviera talento. Sin embargo, se me ocurrían imágenes que trataba de registrar con paciencia. Esto gustaba más a mis padres, quienes decidieron que podía convertirme en un arquitecto exitoso.

Pronto, sin embargo, esa idea sufrió una catástrofe. En la tercera clase del liceo leí la novela *Astronautas*, de Stanislaw Lem, sobre el viaje de un equipo de científicos al planeta Venus. La acción fue de tal suspenso que cambió todos mis planes. De repente entendí que me fascinaban los viajes cósmicos. Empecé a devorar libros de ciencia ficción y astronomía. Para desilusión de mis padres, mi decisión fue firme: ¡voy a estudiar física! Creció también mi interés en las matemáticas. Para mi sorpresa, Karol mostró inesperados talentos: logró deducir la fórmula para el movimiento acelerado aplicando el cálculo de diferencias finitas.

En el verano de 1953 tropecé con un nuevo nivel de misterio. Por casualidad, compré un libro de Stefan Banach con discusiones del axioma de continuidad (Dedekind) y sus consecuencias, como el teorema de Ascoli, las reglas de convergencia, etcétera. Casi todo el verano estuve vagando en el jardín con una idea obsesiva: tratar de demostrar el axioma de Dedekind. Lo pude hacer usando Ascoli u otros teoremas, pero nada más. Apenas en el otoño, ya en la universidad, entendí que mi esfuerzo era tonto. Pero

no inútil, pues pude pasar casi sin dificultad todo el curso de análisis, junto con el examen final. Sin embargo, disminuía mi interés en los laboratorios. Mi segundo y tercer año de estudios los dediqué más bien a las matemáticas (llegando a los espacios de Banach y Hilbert, entre otros).

Nuestra relación con la ideología socialista fue bastante tensa. Polonia en esos tiempos estaba subordinada a la Unión Soviética. Tuvimos cursos del *socialismo científico* en los cuales debíamos aprender la superioridad del sistema socialista mundial; en las *horas de problemas* los estudiantes tenían que leer el libro del camarada Stalin (ya difunto), de la *Historia del Partido Comunista Ruso (WKPb)* y hacer notas, que después tenían que reportar en un sentido halagador (¡pero cuanto más halagaban, tanto más aborrecían!). Ciertas ciencias eran mal vistas (por ejemplo, se aceptaba la Teoría de la Evolución de Darwin, pero sin la genética de Mendel que era *reaccionaria*). El principio de incertidumbre de la mecánica cuántica tenía mala fama, como una doctrina pesimista de la burguesía mundial. Las teorías de la relatividad especial y general estaban bajo sospecha de contradecir a la *objetividad leninista*. A pesar de todo, al menos en física, la situación en Polonia era todavía tolerable.

En 1950 llegó a Varsovia Leopold Infeld, colaborador de Albert Einstein, irritado por los excesos del macartismo en Estados Unidos. Al parecer, Infeld había negociado con el gobierno polaco la libertad de desarrollar un Centro oficial de la Relatividad sin la intervención de los ideólogos del marxismo.

En 1953, en el Instituto de Física apareció otra figura carismática: el joven físico Jerzy Plebański, lleno de entusiasmo, con ideas en relatividad general y física cuántica. Inicialmente, Jerzy no tenía el doctorado, pero Infeld notó de inmediato sus posibilidades y usó sus poderes para otorgarle la posición de *docent*,

Bolesława Manwelow
madre de Bogdan
(1933, en la ciudad
polaca de Lwów, hoy
Lviv, Ucrania)

con derecho de graduar a los estudiantes. Uno de ellos fui yo. Viendo un problema intrigante, decidí tomar el desafío. Pleban ya sabía de mi existencia. ¡Qué sorpresa! –dijo– un estudiante, conocido por su interés en matemáticas abstractas y su desprecio a la física quiere tomar el tema. ¡Qué honor! Pero, entonces, usted debe trabajar y trabajar... ¡Nada de meditaciones! Nos pusimos de acuerdo y empecé a meditar.

Si recuerdo bien, pasaron varios meses de cálculos inútiles. Al fin, en un estado de desesperación y con el encefalograma casi plano, tuve una idea. Visité a Pleban y le dije: *mire, me parece que el problema no requiere ningún cálculo*. Pleban miró las notas: *Es extraño. Escríbalo con cuidado y déjemelo. Nuestro colega, Iwo Bialynicki, tiene un afán de encontrar errores. Le voy a enseñar esto. Si no hay error, esto servirá para su maestría*. Iwo no encontró ningún error.

Defendí mi maestría en 1958, año en el que Pleban obtuvo una beca para una estancia en Estados Unidos. Regresó en 1960, con nuevos resultados e inspiraciones. Pronto, me propuso colaborar en el trabajo de clasificar las trayectorias de partículas de prueba cerca del horizonte de Schwartzchild. El tema incluyó las funciones elípticas, que no me interesaban, pero los resultados sí.

En el mismo año, Jerzy fue invitado a escribir artículos populares de física para la revista polaca *Radar*. Como coautores invitó a Stanislaw Bazanski (profesor adjunto), Joanna Ryteń (mi amiga de estudios) y a mí. Trabajamos en largas sesiones en las cafeterías de Varsovia, con Jerzy fumando decenas de cigarrillos, dando instrucciones y dictando los fragmentos de los artículos, para ser elaborados en su forma final por nosotros. Las sesiones eran difíciles: en general yo salía muy tarde, con la ropa y el pelo saturados oliendo terriblemente a humo. Joanna ya no las aguantaba y participaba erráticamente, pero su casa estaba abierta como refugio para el descanso y las discusiones filosóficas y literarias.

Durante esos trabajos, algunas ventajas y dificultades de Jerzy se hacían visibles. Era un excelente lector, de hecho, un verdadero genio de las ponencias, presentando cálculos difíciles en el pizarrón sin ayuda de ninguna nota (¡un fenómeno nunca antes visto!). Por otro lado, casi no podía escribir textos. Componía largas y enredadas frases a veces casi ilegibles.

El éxito de Infeld –de crear un *formalmente aceptado* Centro de Relatividad en Polonia– permitió organizar en 1962 la Conferencia Mundial de la Relatividad General en Jablonna y cambió radicalmente el estatus de la ciencia polaca. Por otro lado, la energía y el talento de Jerzy cambiaron la vida de algunos de nosotros.

En 1961 Jerzy recibió una invitación formal de Arturo Rosenblueth para venir a México, con el propósito de abrir el Departamento de Física.

Rosenblueth sugirió también que Jerzy podía invitar a un estudiante suyo para ayudar en la misión. Con su espíritu aventurero, Plebański aceptó. Como estudiante prometedor eligió al firmante. Las formalidades relativas a los pasaportes en los países socialistas tardaban siempre. Después de llenar todos los formatos y presentar la solicitud, el candidato esperaba meses, a veces medio año, para obtener el pasaporte. Sin embargo, en esta ocasión la espera no fue muy larga (México era considerado un país no completamente imperialista).

Jerzy llegó en agosto de 1962 y yo el 13 de noviembre. Aterrqué en un mundo totalmente nuevo, ¿quizá desconocido también para los jóvenes mexicanos de hoy? El Centro de Investigación tenía apenas cuatro oficinas en el Instituto Politécnico Nacional. No había ningún auditorio, pero existía Arturo Rosenblueth y ocupaba uno de los cuartos. Otro lo ocupaba Pleban y yo tuve un escritorio en un cuartito detrás. Pleban ya estaba sumergido en un trabajo intenso y de inmediato trató de despertar mi entusiasmo en el movimiento de partículas de prueba en el campo de Kerr (no bastaban las funciones elípticas, se necesitaban funciones más especiales). *Tu trabajo sobre esto, decidió, será tu tesis doctoral.*

Te convertirás en un especialista mundial de funciones especiales. ¡Hmm! Esto no despertó mi entusiasmo. Sin embargo, tenía líos más inmediatos que resolver.

Mi primera preocupación era el idioma. Tenía un diccionario polaco-español, pero compré uno más, español-inglés. En las librerías encontré amplias colecciones de ciencia ficción en español. Me intrigó Heinlein y compré varios volúmenes. Cada tarde elaboraba la siguiente cuarta parte de la página del *Día de los Trífidos*. Sacaba cada palabra del diccionario, buscaba sinónimos, etcétera, y trataba de aprender. Gracias a este ejercicio, después de medio año casi dominaba el *mal español*...

En las noches, me gustaba visitar la avenida Reforma o la Zona Rosa. Era un mundo desconocido, muy verde. Las ramas de los poderosos árboles del centro de la avenida llegaban hasta las laterales. Vagaban jóvenes pobremente vestidos (a veces en camisas o pantalones sin botones, amarrados con cordones), pero casi siempre sonrientes. Fui completamente deslumbrado al enterarme que cada uno de ellos tenía derecho de obtener su pasaporte en un solo día. Muchos locales estaban abiertos casi hasta la mañana. El Sanborns en Niza estaba de moda entre los jóvenes de clase media con aficiones artísticas. Había muchos filósofos o poetas... Tengo que confesar que la poesía sin versos (tan citada hoy), me parece casi sin sentido. Sin embargo, a veces decía algo. Por ejemplo, un dicho: *Fueron ciegos. Y ciegos también de su propia ceguera* (José Emilio Pacheco). *Los Dioses son mortales. Los mortales son dioses* (Mario Caligaris). *La flor es el megáfono del aroma* (Gómez de la Serna). Allá conocí también a Ludwik

Margules, director de teatro polaco, quien platicaba sobre sus planes de presentar obras de autores abstractos, como Witkacy, Wyspiański o Mrozek.

El panorama del Centro de Investigación cambiaba. En 1963 se separó del IPN y se mudó detrás de Ticomán, donde se construyeron nuevos edificios: uno grande con amplia oficina de Arturo Rosenblueth, otro largo, albergando a los departamentos de Física, Matemáticas y la biblioteca, y otros a ciencias naturales. Yo empecé un ciclo de pláticas sobre la mecánica cuántica. Aparecieron nuevos colegas: Rodrigo Pellicer, Vittorio Canuto y Harold McIntosh.

¡Pero yo todavía no podía forzarme a avanzar con las funciones especiales! Sin embargo, otro tema me provocó. Jerzy hablaba mucho sobre los problemas espectrales de la mecánica cuántica en términos de las recurrencias infinitas. La recurrencia puede ser descrita por medio de operadores en diferencias finitas. Me interesaron especialmente los operadores del desplazamiento. Para las funciones $f(x)$ de la variable discreta x , se definen por $Df(x)=f(x+1)$ y $D^{-1}f(x)=f(x-1)$. Noté la existencia de los operadores de diferencias finitas que conmutan exactamente como x y d/dx , es decir $[d/dx, x]=1$. Los operadores son $X=xD^{-1}$, $d/dX=D$. Por curiosidad, empecé a construir ejemplos de las ecuaciones de Schrödinger en donde los operadores diferenciales fueron sustituidos por operadores de diferencias finitas. Salí un manuscrito que en cierto momento Jerzy mostró a Arturo. Jerzy sostuvo después que él convenció a Rosenblueth de que eso podría ser mi tesis, aunque yo sospecho que fue al revés. Al fin, mi examen doctoral se efectuó en el otoño de 1964, con Harold y Vittorio como sinodales. De esta manera me gradué *no gracias*, sino *a pesar* de la dirección de Jerzy. Pero a la vez, *gracias* a los temas que él elaboraba.

Pronto, Arturo Rosenblueth me promovió esperando que me quedara en el Centro. Tuve la tentación de aprovecharlo, aun con la complicación de traer a mis padres a México. Pero el consulado polaco rechazó prolongar la vigencia de mi pasaporte. En abril de 1965 mi línea de vida dio otra vuelta. Muy desilusionado aterricé en Varsovia y reaparecí en el Instituto de Física. Uno nunca sabe el futuro; lo que me parecía casi el fin del camino, no lo era...

En varios momentos posteriores, las imágenes de México regresaban a mi mente como un sueño dorado-verde. Sólo más tarde entendí que la visión era dramáticamente incompleta...

Comparado con México, Varsovia era aburrida, pero no a nivel científico. Una vez que estuve en el Instituto de Física Teórica, empecé a asistir a los seminarios de Relatividad organizados por Infeld. La sorpresa fue que el grupo estaba interesado entonces en los fundamentos de la mecánica cuántica. Escuché seminarios sobre la teoría de Schwinger, que permitía construir la mecánica cuántica desde los efectos estadísticos, sin introducir *a priori* la función



Bogdan Mielnik caricaturiza a su mentor Jerzy Plebański al representarlo como un sacerdote que invoca las funciones especiales (el significado polaco de *pleban* es sacerdote)

de onda. Sentí la tentación de oponerme: el esquema se usaba tan solo para demostrar que la mecánica cuántica debe ser exactamente tal como es. ¿Qué tal algunas formas diferentes? Se me ocurrieron algunas geometrías que no seguían los axiomas de la *lógica cuántica* ni las ideas de la función de onda representada por vectores en espacios lineales. Luché casi un año para escribir en inglés un artículo legible. Después, me atreví a enviarlo a *Communications in Mathematical Physics* (CMP). Para mi sorpresa, recibí la respuesta entusiasta del Rudolf Haag (en este momento editor de CMP). El artículo apareció en 1968.

Me interesó también el problema de Baker-Campbell-Hausdorff (BCH), que absorbía mucha atención de Pleban. En 1968 se me ocurrió un algoritmo simple para resolver el enredo algebraico. Consulté a Iwo Bialynicki y nos pusimos a trabajar. Pronto, el primer borrador estuvo listo. Mientras tanto, Jerzy regresó a Varsovia (tampoco le prolongaron el pasaporte) y se unió a nosotros. El resultado fue el nuevo texto, matemáticamente más completo, publicado en *Annals of Physics*.

Jerzy de inmediato arregló la creación de la Cátedra de Física Matemática, convirtiéndose en su jefe e invitando a cuatro colegas, incluyéndome. Yo, a la vez, continué mis estudios de las geometrías cuánticas, llegando a unas *lógicas* generalizadas que admitían la ortogonalidad, pero no fueron ortocomplementadas. El artículo *Theory of filters* apareció en 1969 y también despertó interés.

En 1969 Jerzy me propuso escribir un trabajo amplio sobre el problema BCH. Acepté la idea, con la esperanza de presentar al fin la heurística original muy simple. Jerzy parecía inagotable. Le nombraron pro-Rector de la universidad. Trabajaba en el rectorado todo el día y sobre el artículo en la noche. Al fin, agregó tanto material que el reporte, que debería ser de 20 páginas, tuvo 170, empezando con toda la historia del problema desde 1904. Tuvimos que negociar y Jerzy me

autorizó a recortarlo. Finalmente, el artículo de alrededor de 70 páginas apareció en *Annales de l'Institut Henri Poincaré*, en 1970. En un momento de cansancio me invadió la imagen de la *Misa negra*. Después de dibujar pacientemente, pensé que representaba a una de las ponencias en el Instituto de Física, pero después entendí que la figura tenía sus propósitos independientes del autor: lo que quiso representar fue a cualquier doctrina, cuya fuerza de sugestión sobrepasa a la lógica.

En 1971 murieron mis padres y quedé solo en la planta baja de la casa en Brwinów. En 1973 Jerzy fue invitado urgentemente a México y me pidió asumir la dirección de los doctorados de Anatol Odziejewicz y Krzysztof Rozga. Durante mi estancia en el Instituto de Física Teórica, entre 1970-1980, bajo mi supervisión se graduaron cuatro estudiantes de doctorado, incluyendo también a Stefan Wojciechowski y Jacek Waniewski. Quizá no debo decir *gracias* sino *a pesar de mi supervisión*, pues todos mis graduados han sido bastante independientes.

A la vez, continué los trabajos sobre las estructuras cuánticas atípicas, publicando en CMP en 1974 un amplio trabajo, *Generalized quantum mechanics*, en el cual traté de analizar las atípicas estructuras convexas para las ecuaciones de evolución no-lineales. Este trabajo despertó un amplio interés, fue comentado por R. Haag, T.W. Kibble, R. Penrose, J. Bell y M. Hallet (*Phil. Sci.* 1982, en polémica con Putnam y Gardner). En los años 1970-1979 fui invitado a presentar estas ideas por R. Haag (Hamburgo), F. Pirani (King's College), M. Flato (París), C. Piron (Ginebra), G. Ludwig (Marburg), B. Nogal (*Royal Institute of Technology*, Estocolmo). El intento de asociar las geometrías atípicas con la Ley de Evolución me sugirió que la geometría de los estados puede ser definida no tanto por un movimiento determinado por unas condiciones físicas dadas, sino por la familia de todos los movimientos posibles (la movilidad global). Esta idea gustó a Goran Lindblad, con quien tuve la ocasión de discutir en Ginebra.

En 1980 fui invitado por R. Haag a ser miembro de los tres líderes de la sección sobre fundamentos de mecánica cuántica en la Conferencia en Hamburgo, después por Whitman a la Conferencia en Ginebra en 1981, pero no pude atender ninguna de las dos por los problemas causados por una hepatitis viral B. Sin embargo, en el verano de 1981, junto con dos colegas de la Academia de Ciencias Polaca, recibimos la invitación de Jerzy Plebański para hacer una visita de tres meses en el Cinvestav, México. Mi médico dijo que bajo ninguna condición debía viajar, pero la tentación fue demasiado fuerte. Llegamos los tres el 27 de noviembre de 1981. Un poco después acepté la invitación de incorporarme al Cinvestav. Así, se abrió una nueva etapa de mi vida.

Pronto resultó que los esfuerzos de construir los nuevos tipos de geometría cuántica no lograron romper la pared. El mayor obstáculo es que los

esquemas ortodoxos nacen al suponer que los estados puros de un sistema cuántico corresponden a los vectores en un espacio lineal, cuya evolución está dada por las transformaciones lineales y, además, las probabilidades de los resultados medibles son las formas cuadráticas. Para verificar si tal esquema es en realidad universal, emprendí unos estudios cuidadosos del *control cuántico* de los procesos de evolución en la mecánica cuántica ortodoxa (lineal) para analizar hasta qué punto los estados cuánticos puros (descritos por vectores del espacio de Hilbert) y también los operadores de evolución lineales (unitarios) pueden ser verdaderamente producidos. Tales estudios requieren de resultados exactos. Hasta el momento, el tema interesó a un grupo de colegas y estudiantes del Departamento de Física.

Algunos resultados exactos fueron (por accidente) descritos en mi trabajo sobre los osciladores supersimétricamente modificados, en 1984, y lograron una notable repercusión, pues el artículo fue muy simple. Pronto, David Fernández encontró el análogo para el potencial de Coulomb modificado (fue su inspiración propia, reconocida con la maestría). David participó enseguida en la búsqueda de las soluciones exactas en los campos estáticos y/o dependientes del tiempo. Visitó a un grupo de colegas en Valladolid y Burgos, España, llevando allá las inspiraciones para formar un grupo de investigación en estados coherentes. Otro estudiante de maestría, Gerardo Herrera, elaboró los resultados exactos de la evolución de los estados físicos en potenciales dependientes del tiempo. ¿Otra *visión incompleta*? Gerardo se convirtió en uno de los líderes del grupo del CERN con la capacidad de expresarse en textos simples y entendibles.

Otros colegas, Francisco Delgado y Marco Reyes, contribuyeron con resultados exactos interesantes, que nos aproximan a saber qué es lo que de verdad podemos. Los resultados más recientes fueron los de Alejandra Ramírez (mapas exactos de estabilidad para algunos procesos periódicos) y Sara Cruz con una amplia tesis doctoral (premio Arturo Rosenbluth) con muchas perspectivas abiertas. Mencionaré también nuestro artículo crítico con Sara, donde se cuestionan algunas exageraciones de la teoría cuántica de campos. Cabe notar que en la literatura mundial surgen ahora voces que expresan finalmente dudas sobre la universalidad de las teorías ortodoxas. Aquí notamos la actividad de Oscar Rosas y sus estudiantes, quienes toman los riesgos de los temas peligrosos ¿o quizá lo peligroso es no tomar riesgos?

Para acabar estas *Visiones*, que no pueden ser completas... Cada decisión en nuestras vidas abre un camino, pero cierra otros. A la pregunta: ¿Qué camino elegí y, si acaso, no lamento haber cerrado otros (desconocidos), llegando a México, en 1962 y en 1981? ¡Absolutamente: No! Estos fueron mis caminos. Gracias. ☺



Richard Kerner
Universidad de la Sorbona
Universidad Pierre y Marie Curie
richard.kerner@upmc.fr

*Dedicado a Bogdan Mielnik
por su octogésimo cumpleaños*

Uno de los maravillosos privilegios de la juventud es cuán fácil y profundamente nos impresiona algo nuevo durante los primeros años de nuestra existencia ¡y cuántas cosas que encontramos entonces tenían el excitante aroma de la frescura! Pero los años transcurren y aun las impresiones más brillantes se atenúan o decoloran, aunque por suerte no todas; algunas permanecen vívidas y sus contornos se fortalecen en el paisaje de los recuerdos. Las reminiscencias de mis encuentros con Bogdan durante mis estudios en la Universidad de Varsovia pertenecen, sin duda, a esta categoría.

Como la mayoría de mis compañeros, jóvenes estudiantes empezando su primer año de física y astronomía, yo no era consciente del todo de la excepcional calidad de nuestros profesores y asistentes, recién formados por Leopold Infeld y Wojciech Rubinowicz. Tomábamos clases con los profesores Krzysztof Maurin, Iwo Białynicki-Birula, Andrzej Trautman, Jerzy Plebański; las clases tutoriales eran impartidas por jóvenes y entusiastas asistentes.

En el otoño de 1961 ingresamos al segundo año de la carrera, con los primeros cursos teóricos que empleaban cálculo más avanzado. Iwo Białynicki-Birula impartió un excelente curso sobre Mecánica Analítica, seguido por unos tutoriales intensos impartidos por un muy buen profesor asistente. Cierta día que estábamos esperando en el salón de clase el siguiente tutorial, se abrió la puerta y vimos una cara nueva, un joven bien parecido y delgado de alrededor de treinta años, de pelo negro, que llevaba unos lentes angostos colocados de un modo muy extraño, dirigidos hacia el piso y dejando los ojos al aire libre. Se presentó diciendo que nuestro profesor asistente estaba enfermo y que le pidieron reemplazarlo –tan repentinamente– nos dijo, que fue incapaz de prepararse para la clase tutorial. Entonces nos propuso hacer una presentación improvisada sobre una forma de atacar un ejercicio que no era parte del curso estándar de Mecánica: el sistema

Fotografía: archivo Cinvestav

MIS PRIMEROS ENCUENTROS

CON BOGDAN: VARSOVIA, 1962-1967

de dos cuerpos con un potencial $1/r^2$ reemplazando a la ley usual, $1/r$, del problema clásico de Kepler.

La clase que nos dio fue tan brillante e inspiradora que la recuerdo casi literalmente, palabra por palabra. Adivino que no soy el único que mantiene esa clase tutorial en la memoria cincuenta años después.

Tras este encuentro milagroso, esperábamos que Bogdan fuera nuestro tutor al año siguiente, pero entonces desapareció de Varsovia por un periodo largo de tiempo. Supe más tarde que siguió a Jerzy Plebański a México, donde permaneció por alrededor de tres años, defendiendo allí en 1964 su tesis doctoral, escrita bajo la dirección de Plebański.

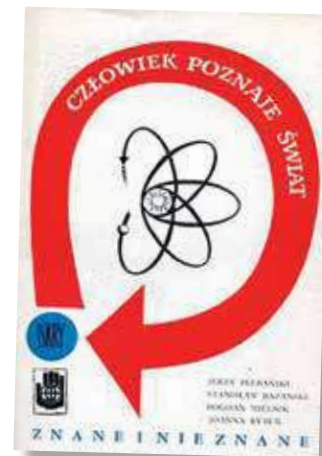
Cuando Bogdan reapareció en Varsovia, en el otoño de 1965, yo ya me había convertido en un profesor asistente, habiendo obtenido mi grado de maestría en junio. Los jóvenes estudiantes de doctorado y los asistentes que participaban en el seminario de Física Teórica, en ese entonces dirigido aún por Leopold Infeld, notaron inmediatamente la presencia de Bogdan debido a sus ingeniosas preguntas y observaciones siempre pertinentes y frecuentemente profundas. Al año siguiente, al igual que muchos colegas que asistían al seminario, quedé impresionado por un trabajo de Bogdan, hecho en colaboración con Iwo Białynicki-Birula y Jerzy Plebański, expuesto en el mismo seminario. Tenía que ver con un nuevo acercamiento a la fórmula de Baker-Campbell-Hausdorff y fue presentado brillantemente por Białynicki-Birula. Ese artículo apareció más tarde en *Annals of Physics*, en 1969¹.

En ese tiempo yo estaba trabajando en mi tesis doctoral bajo la supervisión de Andrzej Trautman, quien me propuso estudiar una generalización de la teoría de Kaluza-Klein, la cual combina electromagnetismo con gravitación en una formulación cinco-dimensional de la Teoría de la Relatividad de Einstein, al caso de un grupo de norma no abeliano, produciendo lo que se conoce como campos de Yang-Mills. Paralelamente, asistía a todos los seminarios de física teórica disponibles, pero también de matemáticas y astronomía e incluso a uno sobre filosofía de la ciencia, organizado por Helena Eilstein, en ese entonces editora en jefe de la revista mensual polaca *Studia*

Filozoficzne. Sucedió que un artículo algo controvertido se publicó en esa revista en 1966, atacando no sólo la interpretación de las fórmulas matemáticas de la relatividad especial, sino también su contenido físico, incluyendo la constancia de la velocidad de la luz. El artículo fue firmado por Wojciech Frejlik, un joven ingeniero y físico aficionado².

Wojciech pidió también que se le diera la oportunidad de presentar sus puntos de vista en el seminario general de física en nuestro Instituto, en la calle de Hoza 69; en nombre de la libertad científica, obtuvo el permiso de hacerlo. La discusión que siguió al seminario fue animada pero no condujo a nada, porque se desviaba constantemente hacia preguntas filosóficas en vez de mantenerse cercana a los datos experimentales. Frejlik propuso experimentos pensados (*Gedankenexperiment*) tan complicados, involucrando muchas naves espaciales, espejos y rayos de luz, que fue casi imposible analizarlos *in situ* y argumentarlos seriamente. Pero la impresión global fue desagradable, porque para una persona imparcial, no muy bien familiarizada con la física teórica y sus herramientas matemáticas, el problema estaba lejos de ser obvio.

Las cosas no se deberían haber dejado como estaban. Sin embargo, los renombrados científicos de nuestro Instituto no perderían su tiempo en refutar las afirmaciones de un aficionado, sin importar cuán ilustrada pudiera parecer a primera vista su escritura. Así, Eilstein me pidió (así como mis mentores del Instituto de Física) que publicara un artículo en la misma revista de filosofía, explicando el carácter erróneo de las declaraciones contenidas en el artículo de Frejlik. Mi artículo fue publicado en 1967³; contiene una crítica cortés y un tutorial en relatividad especial, enfocado en la interpretación física de su formulación matemática. La editora en jefe quedó tan encantada con mi modesta contribución que me propuso escribir un artículo más largo sobre los puntos de vista modernos relativos a los conceptos filosóficos y físicos de espacio y tiempo. Tuve el cuidado de pedirle consejo a mi tutor de doctorado, quien me sugirió posponer tal esfuerzo, aun cuando yo ya había producido un manuscrito de cerca de 10 páginas, bajo el título algo absurdo de *Beyond time and space*. –Sin publicaciones científicas serias que



Las primeras aportaciones de Bogdan Mielnik en el campo de la física aparecieron en publicaciones como el libro *Lo conocido y lo desconocido* (Polonia, 1963)



Fotografía: colección particular Bogdan Mielnik

prueben tu conocimiento y habilidad para resolver problemas, tus puntos de vista sobre los fundamentos de la física moderna no tendrán credibilidad, sin importar cuán interesantes y originales puedan ser, dijo Trautman. –Dañarás tu reputación como científico y eso sería una lástima.

Las sabias palabras de Trautman me convencieron y retiré la primera parte de mi artículo, el cual había sido recibido con aclamación entusiasta de la editora. Pero las preguntas sobre la naturaleza filosófica de los conceptos de espacio y tiempo que trataba de responder se mantuvieron. No puedo recordar ahora cuándo y bajo qué circunstancias empecé a discutir estos temas con Bogdan, quizás fue en la discusión posterior a uno de los seminarios de física teórica dedicados a Relatividad General, de cualquier modo, le mostré mi inacabado artículo y él propuso escribir otro en común para la misma revista.

Es así como empezaron nuestras animadas discusiones, a principios del verano de 1967, las cuales duraron un par de meses. De hecho, fue una época maravillosa para mí, porque tuve la oportunidad de familiarizarme con los puntos de vista de Bogdan sobre el papel fundamental de los fenómenos cuánticos subyacentes a toda evidencia experimental de carácter aparentemente clásico, incluyendo nuestras percepciones del espacio y el tiempo. Trataba de poner tales puntos de vista en papel, junto con mis propios comentarios e interpretaciones; a conti-

nuación discutíamos los temas nuevamente, yendo mucho más allá del contenido destinado al artículo filosófico que iba a publicarse en *Studia Filozoficzne* (por cierto, el artículo nunca fue acabado; no puedo recordar incluso si fui capaz de llevarlo conmigo hacia Francia cuando abandoné Polonia, en el otoño de 1968, o si lo dejé en Varsovia; no obstante aún tengo en mi mente la esencia de las lecciones que recibí de Bogdan).

Bogdan también me invitó al hogar de sus padres en Brwinów, un suburbio remoto de Varsovia, donde podíamos discutir libremente por horas bajo un hermoso árbol de limas en medio del jardín. Conocí a sus padres, él un hombre mayor bien parecido y ella una hermosa dama de cabellera negra, con rasgos ligeramente exóticos debido a su ascendencia armenia. Era una excelente cocinera y la comida que preparaba, típicamente polaca, con una fantástica sopa como primer plato y un bistec de milanesa o pollo como plato principal, era deliciosa.

Discutíamos no sólo de ciencia, sino también de historia, literatura y política. Bogdan me dio la novela *Transatlantic* de Witold Gombrowicz, una historia de los primeros años en Argentina de un escritor del exilio en tiempos de guerra. Fue impresa en Francia por la editorial parisina *Kultura*, y en principio estaba prohibida en la Polonia socialista, aunque fue introducida de contrabando. Me enorgullecí que Bogdan confiara en mí lo suficiente para darme a leer el libro prohibido. Empecé a leerlo en el tren suburbano de regreso a Varsovia, y no podía evitar reírme durante el trayecto, tan sarcástica y divertida era la talentosa escritura de Gombrowicz. Las peregrinaciones en Latinoamérica del famoso autor polaco resonaban con las impresiones de Bogdan de su primera estancia en México, las cuales compartió conmigo durante nuestros encuentros. Debo decir que las narrativas de Bogdan eran tan vívidas y coloridas como las de Gombrowicz, debido a su extraordinaria maestría del idioma polaco. Escuchar cómo habla Bogdan en su lengua materna es placer puro, y estoy seguro que ese sentimiento es compartido por todos sus amigos de habla polaca.

Al igual que yo, Bogdan es un gran admirador de la literatura de ciencia ficción, la cual en aquellos años vivía su edad de oro. Tenía una colección de libros de ciencia ficción en inglés, los cuales compró durante sus estancias en el extranjero, y me familiarizó con varios autores aún desconocidos en Polonia. Recuerdo bien la novela de Theodore Sturgeon, *Venus + X*, que Bogdan me prestó. Ella describe una sociedad futura en la cual todas las diferencias sexuales individuales son suprimidas en favor de una especie monosexual creada artificialmente, a través de una operación quirúrgica efectuada secretamente por un grupo de científicos que detentan el poder total en la Tierra. Mirando en torno a la realidad presente en el mundo occidental, uno no puede dejar de admirar el don profético de Sturgeon.

Desde su juventud Bogdan Mielnik cultivó una de sus características principales: hacer observaciones profundas manifestadas en preguntas ingeniosas, siempre pertinentes

Regresando a nuestras discusiones científicas y filosóficas que se suponía darían lugar al artículo cuyo título tentativo se mantenía aún sin cambio, déjenme decirles que ellas me introdujeron a la visión de Bogdan de la física cuántica y su papel primario en la descripción de fenómenos accesibles a nuestra observación directa, incluyendo las mediciones del espacio y el tiempo. Bogdan estaba trabajando entonces en sus artículos fundamentales en los que analiza la estructura matemática y lógica de la física cuántica y algunas de sus conclusiones se hicieron un hueco en el texto del artículo filosófico en el que estábamos trabajando. Quedé muy impresionado por el profundo entendimiento de Bogdan de la física, tanto en la versión moderna como en la clásica.

Aun cuando yo estaba familiarizado con esos artículos, un año después aparecieron publicados en una serie de tres en *Communications in Mathematical Physics*^{4,5,6}. De un modo único, Bogdan derivó las condiciones necesarias que deben satisfacer las estructuras matemáticas usadas en la descripción de las mediciones cuánticas. Ahora recuerdo cuán impresionado estuve por la identificación de los dispositivos de filtrado con operadores de proyección. Incidentalmente, los conceptos de espacio y tiempo fueron escrutados críticamente desde el punto de vista de la mecánica cuántica; no quedó mucho de nuestras incertidumbres heredadas de la física clásica. Estamos acostumbrados a llamar al espacio vectorial de vectores de onda y frecuencias $[k, w]$ *espacio dual*, en oposición al espacio *real* y al tiempo. Dentro de la mecánica cuántica la situación es inversa: momento y energía son cantidades conservadas, ellas se representan por los correspondientes operadores hermitianos, mientras que resulta difícil, si no imposible, encontrar operadores correctamente definidos representando a las coordenadas temporal y espacial.

Nuestra colaboración no duró mucho. Las vacaciones de verano llegaron y nos separamos, con la promesa de resumir el escrito posteriormente. Pero en agosto de 1967 me casé con una joven francesa que había conocido en París en 1965; mi vida cambió, así que estaba constantemente ocupado. Después empezaron algunos disturbios estudiantiles, seguidos por una campaña antisemita organizada por las autoridades comunistas. A la gente con ascendencia judía se le dio la posibilidad de emigrar; y fueron seguidos por opositores políticos y disidentes. El consejo editorial de la revista filosófica en donde se pretendía que nuestro artículo apareciera también fue despedido, mientras Eilstein, su editora en jefe, se encontraba en Estados Unidos como conferencista en la Universidad de Nuevo México en Albuquerque. En el otoño de 1968 había dejado Polonia para irme a París, donde obtuve una posición de profesor asistente, y continué mis estudios doctorales bajo la guía de André Lichnerowicz e Yvonne Choquet-Brumat, con consejos útiles y amistosos de Moshé Flato. El manuscrito se perdió en la mudanza, a menos que permanezca sepultado bajo otros artículos y

libros traídos de Varsovia, pero dudo que pueda encontrarlo ahora, después de tantos años. Fue escrito en polaco y necesitaría una traducción antes de ser enviado a cualquier revista internacional; además, estaba inacabado.

No había internet ni facilidades de Skype en la época que nos separamos y mi contacto con Bogdan, quien permaneció en Varsovia, se perdió por muchos años. La siguiente vez que nos vimos fue a finales de los setentas, cuando Bogdan visitó París y Ginebra, invitado por M. Flato y C. Piron, respectivamente. ¡Fue un gran placer oír los ingeniosos comentarios de Bogdan sobre todos los temas que discutimos! Pero el artículo común sobre filosofía de la ciencia se pospuso, ambos habíamos crecido y mirábamos nuestros esfuerzos juveniles con tierna simpatía y sonrisas.

Sin embargo, las semillas que mi joven mentor había puesto en mi mente en Varsovia no se perdieron. Casi medio siglo después recuerdo con frecuencia las ideas de Bogdan, que me influyeron muy profundamente. En algunos de mis artículos recientes expongo mis puntos de vista sobre la naturaleza del espacio y el tiempo, tratando de derivar las transformaciones de Lorentz del comportamiento cuántico de los constituyentes elementales de la materia, quarks y leptones en primer lugar^{7,8,9}. El último artículo apareció en los *Proceedings* de la conferencia que tuvo lugar en octubre de 2014 para celebrar los primeros 50 años de actividad científica de Bogdan, una maravillosa reunión de sus amigos y admiradores en la Ciudad de México, donde él ha permanecido trabajando como profesor distinguido del Cinvestav desde 1981, creando una escuela entera de pensamiento en Física Teórica y Física Matemática, con muchos excelentes estudiantes y seguidores. Aun cuando la totalidad de mi carrera científica tuvo lugar muy lejos, en otro hemisferio, me siento honrado de pertenecer –al menos simbólicamente– a esa muchedumbre. ☺

Referencias

1. I. Białynicki-Birula, B. Mielnik and J. Plebański, *Annals of Physics* 51 (1969) 187-200
2. W. Frejlik, *Studia Filozoficzne* 2 (1966) 139-161
3. R. Kerner, *Studia Filozoficzne* 4(1) (1967) 151-165
4. B. Mielnik *Comm. Math. Phys.* 9(1) (1968) 55-80
5. B. Mielnik *Comm. Math. Phys.* 15(1) (1969) 1-46
6. B. Mielnik *Comm. Math. Phys.* 37(3) (1974) 221-256
7. R. Kerner *The VI-th International School on Field Theory and Gravitation, AIP Conference Proceedings* 1483 (2013) 144-168
8. R. Kerner *The Thales Experiment*, Researchgate DOI: 10.13140/RG.2.1.1361.3607
9. R. Kerner, *Journal of Physics: Conference Series* 624 (2015) 012021

ÉPOCA DE ESTUDIANTE



Joanna Robinson-Ryteń
Universidad de Dallas Texas
joanna@utdallas.edu

Bogdan Mielnik y yo empezamos a estudiar la carrera de física en la Universidad de Varsovia en el otoño de 1953. Durante los dos primeros años tomábamos una gran variedad de cursos, los cuales eran impartidos en distintos lugares distribuidos por toda la ciudad, por lo que pasábamos mucho tiempo desplazándonos entre clases.

Las cosas cambiaron drásticamente en el tercer año, cuando empezamos a tener todos nuestros cursos en el Instituto de Física, en la calle Hoża 69, con énfasis en la física teórica. Uno de nuestros profesores fue Wojciech Rubinowicz, un tipo genial. Sus clases eran excelentes, pero teníamos un problema: él era parte de la vieja escuela de Sommerfeld y Bohr, y nosotros también queríamos aprender lo que era entonces moderno. Así, un grupo de estudiantes compuesto por Bogdan, Ola y Ryszard Rączka, Grzegorz Rohoziński y yo, entre varios más, nos

apoderamos del libro *Quantum Mechanics* de Dirac y formamos un seminario informal para estudiarlo, con la ayuda del profesor Marian Günther.

También estábamos fascinados por la Relatividad y decidimos aprender algo de ella usando el libro de Peter Bergmann *Introduction to the Theory of Relativity*; en este esfuerzo nos ayudó Ryszard Gajewski. Cuando llegó el momento de empezar a trabajar nuestra tesis de maestría, tanto Bogdan como yo le solicitamos a Jerzy Plebański que fuera nuestro asesor. Este fue el comienzo de la larga y fructífera asociación entre Bogdan y Plebański.

En 1960 los editores de la revista polaca *Radar* le pidieron a Plebański que escribiera una serie de artículos sobre los avances más recientes de la física. Entonces nos pidió a Stanisław Bażanski, a Bogdan y a mí trabajar con él en la elaboración de esos artículos. En la práctica, esto significó que cada uno de los tres discutió en un café un rato con Plebański sobre el tema específico y luego escribió el artículo. Estos fueron exitosos y se volvieron a publicar en 1963 en el libro *Znane i nieznanne* (*Lo conocido y lo desconocido*).

Con el tiempo, Plebański decidió partir hacia México y Bogdan lo siguió después, mientras que yo me establecí en Dallas. Nos hemos mantenido en contacto con Bogdan, quien nos ha visitado varias veces.

Así, querido Bogdan, con motivo de tu octogésimo cumpleaños te deseo muchos años más de buena salud y felicidad. 🍷

En la Universidad de Varsovia, fundada en 1816, Bogdan Mielnik inició su formación como físico teórico





Fotografía: Efrén Díaz

UN PASEO POR EL MUNDO CUÁNTICO



Sara Cruz y Cruz
Instituto Politécnico Nacional
sgcruz@ipn.mx

*El corazón me has puesto tan ansioso de echar a
andar con eso que me has dicho que he vuelto
ya al propósito primero.
Vamos, que mi deseo es como el tuyo.
Sé mi guía, mi jefe, y mi maestro. - Así le dije, y luego
que echó a andar, entré por el camino arduo y silvestre.
Dante Alighieri (Infierno, Canto II)*

A mediados de 1995 me encontraba en el Departamento de Física del Cinvestav para iniciar mis estudios de posgrado, todavía con una visión romántica de la ciencia y sin una idea clara del área de la Física en la que enfocaría mi carrera científica. Recuerdo, minutos antes de la primera clase, a mi grupo un tanto inquieto, nervioso e impaciente, a la expectativa de saber qué nuevas cosas aprenderíamos en esta etapa de nuestras vidas. La primera clase correspondía al curso de Mecánica Cuántica y, cuando el profesor entró en el salón de clases, todo el mundo quedó sorprendido e incluso un poco intimidado, al ver a un individuo de aspecto, por demás, exótico: alto, el cabello blanco despeinado, unas gruesas gafas apoyadas sobre la nariz de tal forma que los brazos del armazón sobresalían hacia arriba por encima de su cabeza, voz nasal y un marcado acento extranjero. Llevaba sus materiales para impartir clase en una bolsa de ixtle, de las comúnmente conocidas como *bolsas del mandado*: era el profesor Bogdan Mielnik.

El profesor Mielnik se esforzaba en mostrar, con un estilo histriónico, los alcances de las teorías clásicas. Concentrado en su exposición no notó que estaba escribiendo en el pizarrón con un marcador indeleble. Cuando quiso borrar el contenido para ilus-

trar en seguida cómo estas teorías se derrumbaban al tratar de explicar fenómenos que ahora sabemos sólo se pueden describir mediante las teorías cuánticas, la tinta no se borró. –¡Vaya persistencia de las Teorías Clásicas!– exclamó. Y a partir de ese momento la clase se relajó y todo el mundo disfrutó de lo que él tenía que contar acerca de la Mecánica Cuántica.

Fue un curso extraordinario, en el que aprendimos sobre la necesidad de formular una nueva teoría para explicar el comportamiento de lo muy pequeño y sobre cómo esta se fue construyendo. De tiempo en tiempo Bogdan (me voy a permitir llamarlo por su nombre de aquí en adelante) se tomaba la libertad de inventar alguna historia para explicar los conceptos o para precisar la interpretación de la teoría, ya fuera aquella de junglas con verdes campos *espinoriales* o de espías interplanetarios infiltrados para obtener la *función de onda* de las partículas cuánticas que serían usadas por el enemigo como armas de guerra. Al final del curso no sólo tenía ya claridad del área en la que iniciaría mi formación académica, sino que también sabía quién tenía que ser mi maestro.

En cierto momento, entonces, me acerqué con Bogdan para pedirle que me permitiera ser su aprendiz en calidad de *estudiante de maestría*. Él contestó: –¡Oh demonios! El problema que tengo para ofrecerte es demasiado para una tesis de maestría.- Ante mi insistencia, Bogdan me ofreció un problema que consistía en implementar un algoritmo numérico, el algoritmo angular de Prüfer que él y su estudiante Marco Reyes habían diseñado tiempo atrás¹, para determinar numéricamente los valores de las energías permitidas de algunos potenciales no exactamente solubles. En esta etapa fue muy valioso el apoyo de mi amigo Dorian, entonces estudiante de doctorado, en los aspectos computacionales de mi trabajo.

La escritura de la tesis fue un proceso largo y complicado, revisión tras revisión hasta que la elección de cada palabra en mi manuscrito dejó satisfecho a Bogdan. En varias ocasiones sufrí crisis de impaciencia viendo pasar las hojas del calendario sin tener noción de cuándo terminaría. Sin embargo, el sentimiento de satisfacción al ver el producto concluido superó con creces el sufrimiento del proceso.

Para mi entrenamiento doctoral, Bogdan tenía la idea de que abordáramos un problema relacionado con la teoría de control cuántico, en la que él gozaba de una amplia experiencia. El problema sonaba, por demás, intrigante; sin embargo, yo debía tomar algunas decisiones personales que probablemente me impedirían continuar trabajando bajo su supervisión. Otra vez la claridad de mi amigo Dorian, que para entonces ya estaba realizando su estancia posdoctoral, me hizo ver que la decisión de continuar trabajando con Bogdan era la apropiada. Así se lo comuniqué y entonces comenzó la verdadera aventura.

DEJAD, LOS QUE AQUÍ ENTRAIS, TODA ESPERANZA
Estas palabras de color oscuro vi escritas en
lo alto de la puerta; y yo: "Maestro, es grave su sentido".
Y, cual persona cauta, él me repuso:
"Debes aquí dejar todo recelo;
debes dar muerte aquí a tu cobardía".

Dante Alighieri (*Infierno*, Canto III)

La tarea de controlar o manipular la dinámica de un sistema cuántico representa uno de los principales desafíos de la física actual. La naturaleza misma de estos sistemas los hace extremadamente difíciles de gobernar. Por ejemplo: a diferencia de los sistemas clásicos (objetos macroscópicos que podemos encontrar en nuestra vida cotidiana), los sistemas cuánticos son capaces de atravesar las paredes de un contenedor debido al llamado *efecto túnel*. Por otro lado, cualquier proceso de medición diseñado para obtener información acerca de ellos perturbará, inevitablemente, su estado, además de que el sistema podría mostrar ya sea un comportamiento ondulatorio o corpuscular dependiendo del carácter del proceso de medición. Otra característica de los sistemas cuánticos es que obedecen el *principio de incertidumbre*, que establece la imposibilidad de obtener, por medio alguno, información de forma simultánea y con precisión arbitraria acerca de su posición y su momento. (Una discusión más detallada acerca de los sistemas cuánticos y las leyes que gobiernan su dinámica se puede encontrar en el trabajo *Quantum Mechanical Laws*² escrito por Bogdan y Oscar Rosas Ortiz, miembro también del Departamento de Física del Cinvestav.) A pesar de ello, nuestra especie ha sido capaz de realizar ingeniería con estos sistemas: gran parte de la tecnología a la que estamos habituados hoy en día no sería posible sin una descripción cuántica del universo microscópico. Una pregunta natural, entonces, es si acaso existe la posibilidad de inducir procesos de evolución arbitrarios sobre un sistema cuántico a fin de manipular su estado a voluntad. Esta cuestión es lo que se conoce como *Teoría de Control Cuántico* y ha adquirido gran importancia ya que permite comprender de una mejor forma la naturaleza de los sistemas cuánticos. Además, las altas perspectivas de aplicación de esta teoría en el desarrollo de nueva tecnología se han vuelto crecientemente realistas debido a los avances teóricos y experimentales de los últimos años en el control preciso de sistemas cuánticos.

Algunas de las principales contribuciones de Bogdan en esta área se pueden encontrar, por ejemplo, en^{3,4}, donde se plantea la existencia de los famosos rizados de evolución (*evolution loops*), que son procesos en los cuales una partícula de Schrödinger, como el electrón, por ejemplo, después de una serie de interacciones con campos externos recupera su estado inicial, *como si volviera atrás en el tiempo*. El tema que me planteó Bogdan tenía que ver con la evolución de un sistema en la presencia de campos externos periódicos en el tiempo (*el problema de Floquet*). La idea era establecer una descripción apropiada de los



procesos de emisión y absorción de radiación del sistema correspondiente y también tratar de verificar si los mecanismos de control basados en este tipo de campos serían eficientes o no en la manipulación precisa del sistema. El trabajo no fue sencillo, la complejidad del problema desde el punto de vista fundamental y el perfeccionismo obsesivo de Bogdan lo hicieron un proceso intrincado (me atrevo a decir que para ambos), sobre todo en lo que se refiere a la elaboración de los manuscritos que contenían nuestros resultados. No obstante, el atisbo al mundo cuántico, donde ocurren fenómenos que rayan en lo mágico para el sentido común, las largas discusiones filosóficas, algunas veces con *cafecito*, alguna otra escuchando música de T-Rexⁱ, otras caminando por el Parque Real Łazienkiⁱⁱ o frente a una enorme fuente con cerezas, los debates acerca de cómo el sistema cuántico se resiste al proceso de control, al igual que Barbarella lo hace con la máquina infernal del villano Durand Durandⁱⁱⁱ y el conocer el estilo de Bogdan de hacer ciencia a la antigua usanza europea son sólo algunos episodios que han dejado una enorme huella en mi persona. Al final nuestro trabajo estuvo terminado y fue merecedor del premio Arturo Rosenblueth a la mejor tesis doctoral en el área de Ciencias Exactas y Naturales en 2006. El trabajo arduo y sistemático, como todas las tribulaciones del camino, había valido la pena.

Hoy en día nuestra colaboración continúa, así como las discusiones filosóficas, a veces con café o simplemente en el pasillo de camino a su oficina. Puedo decir que uno siempre tiene algo nuevo que aprender de él.

Me considero afortunada porque he podido asomarme al mundo extraordinario de los sistemas cuánticos y recorrer algunos de sus resquicios, pero mi fortuna es doble porque he podido hacerlo en compañía de Bogdan. ☺

Notas

- i Banda de Glam Rock fundada en Londres en 1967 por su vocalista Marc Bolan, una de las bandas favoritas de la juventud de Bogdan.
- ii Durante el verano del año 2000 Bogdan se encontraba realizando una estancia sabática en la Universidad de Varsovia y yo una visita corta en la misma universidad. Él gustaba de mostrarme los parques de Varsovia y algunas veces salíamos por las tardes a caminar por alguno de ellos al tiempo que discutíamos sobre nuestro trabajo o sobre cualquier otra cosa. El Parque Real Łazienki es uno de los más famosos en Varsovia y uno de mis favoritos.
- iii Aquellos que han escuchado las conferencias de Bogdan acerca del control de sistemas cuánticos conocen la historia en la que asocia, en forma jocosa, el instrumento de control del sistema cuántico con la máquina infernal que el villano Durand Durand ha construido para dar muerte a la espía y heroína Barbarella en la adaptación cinematográfica *Barbarella*, realizada por Roger Vadim en 1968, de la historieta de ciencia ficción del mismo nombre.

Referencias

1. B. Mielnik and M.A. Reyes, "The classical Schrödinger equation" *J. Phys. A: Math. Gen.* 29 (1996) 6009
2. B. Mielnik and O. Rosas-Ortiz, "Quantum Mechanical Laws" in *Fundamentals of Physics*, edited by J.L. Morán-López, in *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford
3. B. Mielnik, "Evolution loops" *J. Math. Phys.* 27 (1986) 2290
4. D. J. Fernández C. and B. Mielnik, "Controlling quantum motion" *J. Math. Phys.* 35 (1994) 2083

Con música de T-Rex o haciendo referencias a la máquina infernal de Durand Durand, villano de la película *Barbarella*, Bogdan Mielnik explicaba tópicos del sistema cuántico



Fotografías: Universidad de Varsovia

CONOCIMIENTO Y SABIDURÍA



Kurt Bernardo Wolf
Universidad Nacional Autónoma de México
bwolf@fis.unam.mx

Bogdan Mielnik inició su trabajo como docente de la Universidad de Varsovia. En las imágenes las nuevas y antiguas instalaciones del Instituto de Física

Filósofos con mejores credenciales que la mía seguramente ya han abordado este título con mayor profundidad. Bogdan Mielnik lo ha recorrido a su manera a lo largo de su propia vida, como otros científicos quienes dejan su marca con escritos y actos que perduran en la memoria de sus colegas como anécdotas, frases que se vuelven célebres, destellos penetrantes sobre la ciencia y el quehacer humano y la valía intrínseca de sus resultados de investigación en la estructura del mundo y de las ideas, las visibles y las invisibles. Creo que la mayor parte de los que trabajamos en ciencias exactas somos reticentes a divagar públicamente fuera del área de lo concreto

y lo exacto. No es difícil hacerlo superficialmente, en situaciones sociales u oficiales, donde con la coraza de título y grado llevamos el vocabulario y el mensaje. Por esto valoro tanto conocer de Bogdan sus observaciones críticas ante el mundo extenso y ajeno donde vivimos. Me permito llamar al colega por su nombre de pila, que significa Dios-dado, con todo respeto.

Él y yo coincidimos en el aeropuerto en 1965, él regresando a Polonia y yo saliendo para estudiar mi posgrado. Y nuevamente coincidimos en otoño de 1969, él invitado al Instituto de Física Teórica en Gotemburgo, Suecia, y yo trabajando en ese mismo instituto como postdoc. Su conferencia versó sobre las relaciones de Baker-Campbell-Hausdorff para operadores generales, de un trabajo conjunto con Jerzy Plebański¹, problema que también me había tocado abordar, afortunadamente en versiones simplificadas. Compartimos vino, cena y cuentos en alguna fonda con calefacción. Otoño es deprimente en países nórdicos; en Polonia agonizaba el régimen de Władysław Gomułka y la vida de trabajo, predecible en lo general, se volvía escabrosa para académicos disidentes y también para leales. Salir de ese

país en esos tiempos se veía con sospecha; sin embargo, con base en su producción científica, Bogdan recibía invitaciones importantes y viajaba al extranjero, varias veces a México, al tiempo que participaba en la docencia de la Universidad de Varsovia. Nuevamente al final del otoño, el 13 de diciembre de 1981, Polonia experimentó un cambio de régimen: Wojciech Jaruzelski declaró la ley marcial que se tradujo en la represión contra Solidarność y sus intelectuales levantiscos. Bogdan se encontraba en México y decidió entonces quedarse aquí hasta ver mejores tiempos.

En los últimos años, ocasionalmente hemos intercambiado correos electrónicos y escritos que poco tienen que ver con lo que cada uno escribe en revistas científicas, sobre las absurdidades del Sistema (cualquiera que este sea y con mayúscula) que nos llevan a reír y/o llorar. Bogdan jamás usa invectivas; sus ensayos sobre la cuestionable cientometría vigente con su burocracia concomitante, tienen el hilo irónico de las novelas de Jaroslav Hašek sobre *El Buen Soldado Schweik*: el checo simple y cuerdo que sobrevive en el ejército del imperio austro-húngaro. En más de una entrevista², Bogdan ha enfatizado que la política de reportes y promociones basada en el número de artículos arbitrados lleva a su aumento numérico pero no al avance de conocimiento integrado³. Queda poco estímulo para que el investigador contemple las cuestiones aparentemente laterales con las cuales ampliar, no sólo el panorama de su campo de trabajo, sino la sabiduría científica de la humanidad. Pronunciado con su particular acento, Bogdan supera la autoridad con la que yo podría argumentarlo.

¿Cuándo y cómo el conocimiento se integra y se vuelve sabiduría? Difícil decirlo sin definir estos conceptos más allá de sus muchos significados y no lo haré; en su lugar recurriré a la prosa libre de las ideas sueltas. Así, por ejemplo, los exploradores del siglo XVI tenían algunos conocimientos sobre la forma de la Tierra, sus mares y continentes; pero sólo hasta el siglo pasado el común de la gente absorbió la idea de que no es plana, que orbita en un sistema solar y que las estrellas son otros soles. Este correcto paradigma es ahora sabiduría repartida entre (casi) todos los integrantes nuestra especie.

La civilización incluye sabidurías colectivas coaguladas de muchas aportaciones particulares de conocimientos. Más cerca de casa, la relatividad y la mecánica cuántica han trascendido el conocimiento por sus primeros teóricos, para formar sabiduría en comunidades que incluyen hoy, además de físicos y matemáticos, también químicos, ingenieros –cibernéticos y técnicos– y empresarios que manufacturan GPS y microchips. Aunque no conozcan con precisión sus fundamentos, todos manejan con éxito las muchas aplicaciones que iluminan este siglo.



Concentrando el haz del discurso a un individuo, científico o no, la sabiduría se reconoce no sólo por los muchos conocimientos particulares que pudiera tener a mano, sino por la maestría con la que los articula y destila, reconociendo lo valioso y desechando lo accesorio.

Después de esta panegírica debo volver a la Tierra reconociendo que una sociedad compuesta sólo de pensadores no sería viable. Son necesarios los oficios de campesinos y obreros; de ingenieros y arquitectos; comerciantes y empresarios; administradores y políticos, que construyen el mundo real, sin el cual el nuestro no existiría⁴. Nuestro oficio tiene costumbres, reglas y habilidades donde el desempeño se manifiesta por escrito en el CVU; la sabiduría en cambio sólo se intuye conversando cara a cara, sea en el cubículo o en alguna fonda, entre el ruido y el calor de la humanidad despreocupada.

Como seguramente otras contribuciones a este número de *Avance y Perspectiva* atestiguarán, celebramos que los campos científicos en los que Bogdan Mielnik ha sido invasor adelantado son bien reconocidos: combinatoria, relatividad, supersimetría y fundamentos de la mecánica cuántica. Sin modestia posible, afirmamos que la validez de sus resultados científicos es *ad aeternitatem*, y es en esa escala de tiempo que se podrán valorar sus contribuciones a la ciencia. Mientras tanto, en tierra, Bogdan ha navegado sus años entre Polonia y México, madurando conocimientos en sabiduría, como el buen vino cuyo sabor se torna más profundo y generoso con el tiempo. ☺

Referencias

1. Mielnik, B. y Plebanski, J. "Combinatorial Approach to Baker-Campbell-Hausdorff formula", *Ann. Inst. H. Poincaré*, 12, 215 (1970).
2. <http://www.educacionfutura.org/la-produccion-como-sistema-de-evaluacion-bogdan-mielnik/>
3. Mielnik, Bogdan, "El Siglo XXI: ¿Ciencias útiles o inútiles?" *Avance y Perspectiva* 3 Junio-Diciembre 2011
4. Liberman, S. y Wolf, K.B. *El Oficio Científico* (ADN Editores, México DF, 2015).

SEGURAMENTE USTED ESTÁ BROMEANDO, DR. MIELNIK

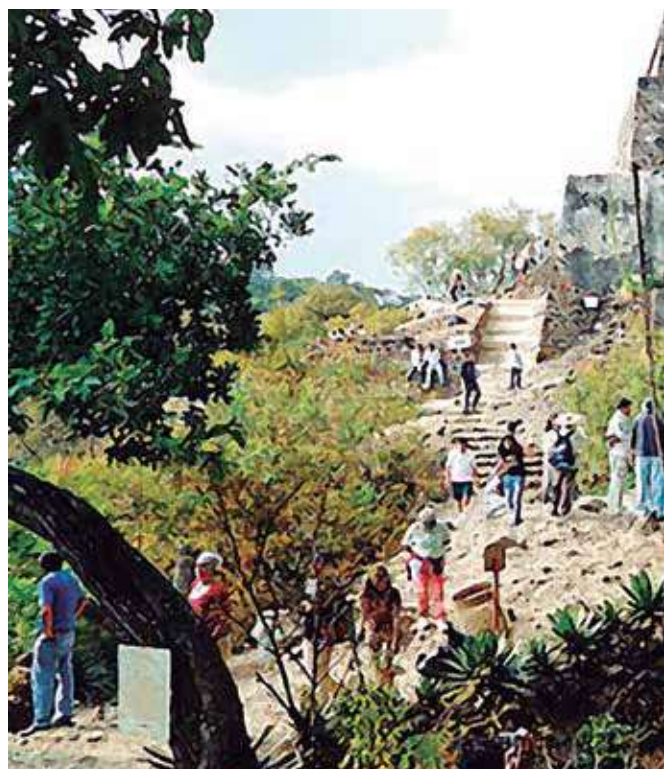


Francisco Delgado
Tecnológico de Monterrey
fdelgado@itesm.mx

Mi llegada como estudiante al Cinvestav ocurrió durante la segunda mitad del año 1989, aunque desde cuatro años atrás, tiempo antes de estudiar mi Licenciatura en Física, conocí el Centro en donde pretendía estudiar mi posgrado. Éramos entonces apenas un poco más de 10 estudiantes de Maestría en Física provenientes de diferentes estados y universidades de la República Mexicana. Fue durante nuestro segundo semestre, en el curso de Electromagnetismo II, que tuvimos nuestro primer contacto con Bogdan Mielnik. En lo personal lo conocía poco, aunque ya con anterioridad lo había encontrado en los pasillos del Departamento de Física.

Realmente no sabía mucho de él. Después de cuatro años estudiando en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, habiéndome enfocado al área de Relatividad General y Cosmología regresé al Cinvestav, en donde años atrás hice mi primer contacto con un grupo de investigación en física. Tenía ahora interés en aprender Física de Partículas y profundizar mi conocimiento en Mecánica Cuántica.

Encontrar a Bogdan, como me permitiré llamarlo respetuosamente en lo sucesivo, significó en primera instancia, no sólo para mí sino también para mis compañeros de maestría, una afinidad con alguien que nos podía parecer excéntrico pero que gustaba de compartir sus conocimientos con los estudiantes. Ese curso de Teoría Electromagnética tuvo algo de lo que, debo mencionar, carecieron los impartidos por otros profesores en toda mi estancia en el Centro: unas notas originales escritas por nuestro profesor. Lo anterior habla mucho de lo que es Bogdan, un hombre generoso y preocupado por el aprendizaje de sus estudiantes. Las notas tenían un enfo-



que propio que no encontraríamos en ningún texto y que dibujaban, con un amplio placer para muchos de nosotros, diversos aspectos de la Física-Matemática y de la Teoría Clásica y Cuántica de los Campos. Esto mismo ocurrió posteriormente con el primer curso de Mecánica Cuántica durante la maestría. Para entonces tenía yo mayor familiaridad con Bogdan y su historia icónica dentro del Cinvestav y de la Universidad de Varsovia.

En muchas ocasiones, en pláticas casuales, él me compartió diversos trabajos de su autoría que trataban el sentido común de forma mucho más clara de lo que otros textos de divulgación y académicos podían hacer. Estos textos y reflexiones fueron el germen de lo que se convertiría, décadas más tarde, en el coloquio *El lado oscuro de la Mecánica Cuántica* que hoy la mayoría de los estudiantes jóvenes reconocen. Fue así que decidí enfocar definitivamente mis esfuerzos hacia la Mecánica Cuántica como la teoría fundamental sobre la cual se basan otras áreas más específicas de la Física Moderna. Consecuentemente, una tarde de 1990 me dirigí a su oficina para platicar con él y pedirle que dirigiera mi tesis de maestría.

Si bien mi interés original era enfocarme en aspectos muy fundamentales de la Mecánica Cuántica, algo que Bogdan me dijo y nunca olvidaré es que era conveniente trabajar en aspectos más cotidianos de la misma, para adquirir experiencia antes de poder tocar esos otros terrenos inseguros de la teoría. Fue así como me propuso colaborar en un tema de control cuántico, cuyo objetivo central era extender la aplicación de los *Circuitos de Evolución* para producir otros efectos posibles usando Hamiltonianos cuadráticos en las coordenadas, los cuales guardan



un paralelismo entre algunas cantidades clásicas y cuánticas. Fue así que empecé a trabajar con él, explorando primordialmente los efectos de escala, o *Squeezing* bajo este contexto, analizando formas de control factibles mediante campos magnéticos que permitían generar con alta precisión ciertos efectos específicos. Aun cuando algunas soluciones eran completamente analíticas, tuve que poner en práctica y ampliar mis conocimientos en análisis numérico para poder abordar este tipo de problemas, algunos de los cuales requirieron días de procesamiento en las computadoras domésticas de ese entonces y algo de programación en paralelo para distribuir el trabajo entre varias estaciones de trabajo. En 1992 presenté mi tesis de maestría, bajo la dirección de Bogdan, titulada *Manipulación electromagnética del paquete de onda*.

Posteriormente, aunque tuve una incursión breve en la Física de Partículas, mi interés por la Mecánica Cuántica continuó y, coincidiendo con el regreso de Bogdan de la Universidad de Varsovia, decidí continuar mi trabajo con él haciendo una tesis doctoral en lo que denominaba entonces *Ingeniería Cuántica* es decir, la manipulación de estados cuánticos en sus diversas facetas. Mucho de lo que estaba en *boga* en investigación en ese entonces versaba sobre fundamentos de la Mecánica Cuántica, los cuales continuaban siendo de mi interés, así que la posibilidad de tener contacto con él y estos tópicos me motivaron a iniciar esta nueva etapa. No obstante, el tema de las aplicaciones de la Mecánica Cuántica era entonces limitado, al menos comparándolo con el nivel existente hoy en día en el que áreas como la información, el procesamiento y el cómputo cuántico se han impulsado fuertemente. Fue así como en 1999, dirigido por Bogdan, concluí mi tesis doc-

Después de participar en un evento sobre gravitación, Bogdan Mielnik se aventuró a visitar la pirámide del Tepozteco, donde pregonó ser un joven prometedor de sesenta años

toral *Operaciones selectivas de control cuántico*. En ella explorábamos aspectos más fundamentales del control cuántico y algunas aplicaciones que aún hoy siguen siendo perseguidas.

A lo largo de mi trayectoria como físico y también en el lado personal, he estado en contacto con Bogdan, quien es en muchos sentidos como un segundo padre. No exagero al decirlo, ya que uno ve así a quien le ha enseñado muchas cosas a lo largo de su vida y él es, al menos para mí, ese tipo de persona que deja algo de sí en tu propia personalidad. Si bien debo contar que mi gusto por los fundamentos de la física ha sido impulsado por él, Bogdan ha sido mucho más que eso. Él posee un carácter agudo y bromista que encaja muy bien en la idiosincrasia mexicana. Lo sabrá bien quien haya leído su texto *Estos espléndidos especialistas*, un lugar en la mente de Bogdan entre Kafka y Rius. Por otro lado, en los diversos momentos en los que hemos convivido, hemos compartido desde enseñanzas muy profundas de la vida hasta anécdotas culinarias, como su gusto por la comida oriental e incluso mexicana en lugares inverosímiles que van desde restaurantes chinos y japoneses exóticos, hasta la sencillez de un mole de olla en el paradero del metro Indios Verdes. No olvido ninguno de esos momentos, por la oportunidad que he tenido de compartir con Bogdan diversos fragmentos de nuestra existencia y la vida misma. Muchas cosas más me ha compartido, como lo difícil que fue la guerra en Europa durante su infancia y lo que la vida le puede deparar a una persona a través de su existencia.

Alguna vez, con motivo de nuestra participación en el primer taller de Gravitación y Física Matemática en Oaxtepec, en el ya lejano 1995, tuve la oportunidad de subir al Tepozteco con él a lo largo de sus más de dos kilómetros de longitud, alrededor de dos mil escalones y una altitud aproximada de mil 700 metros sobre el nivel del mar. A paso regular tardamos una hora en subir; sin detener el paso Bogdan incluso se dio el gusto de hacer algunos comentarios algo ambivalentes con una pareja rusa que rebasamos a medio camino. En ese entonces él pregonaba ser un joven prometedor de casi 60 años. Sé que muchos estudiantes jóvenes del Cinvestav identificarán esa frase, pues Bogdan la sigue repitiendo actualizando su edad. Efectivamente, aquel joven que llegó en 1962 a México sigue siéndolo para cualquiera que lo conozca y haya conversado con él, sobre física o sobre otros aspectos de la ciencia y la vida. Hoy es un joven prometedor de 80 años que, durante su estancia en nuestro país, ha formado a muchas generaciones de físicos y que ha fundado una escuela de Mecánica Cuántica en México, cuyas ramas, como un árbol que no deja de crecer, se seguirán extendiendo a través del tiempo. Así será identificado siempre por muchos, pero para un puñado de nosotros, además, ha sido alguien que ha moldeado nuestras vidas de manera muy profunda. ☺

MIELNIK 1984*



Oscar Rosas-Ortiz
Departamento de Física
orosas@fis.cinvestav.mx

A Bogdan, con profundo aprecio y admiración

La vida en 1984 danzaba al ritmo de *Like a virgin* (Madonna) y se sorprendía con el Macintosh de Apple, dudaba de los conflictos sexuales de *La insostenible levedad del ser* (Kundera) y de la ambigüedad de un *Aman-te bandido* (Bosé) que se robaba los corazones de una juventud que no anticipaba el terrible dolor de una ciudad (entonces D.F.) que sucumbiría ante los latidos de la tierra justo al año siguiente. 1984 es el año en que Carlo Rubbia y Simon van der Meer reciben el Premio Nobel de Física por sus trabajos orientados al descubrimiento de los bosones W y Z. En 1984; Françoise Barré-Sinoussi y Luc Montagnier consiguen aislar y purificar el virus de inmunodeficiencia humana VIH, causante del sida, por lo que serían merecedores del Premio Nobel de Medicina en 2008. También es el año de la policía del pensamiento y de Big Brother quien, sin cansancio y siempre omnipresente, vigila a todos, en especial a Winston Smith, un humilde borrador de la historia de quien deba ser borrado por parte del Ministerio de la Verdad.

Sí, 1984 es también el título de la obra de George Orwell, escrita 35 años antes como anticipación de un mundo que incluso en ese año se antojaba estremecedor (¡quién nos viera hoy en día!). Con todo, jamás hubiese imaginado que ese mismo año, en el Departamento de Física del Cinvestav, se gestaba una línea de investigación en la que me involucraría 10 años después para iniciar mi carrera científica. Me refiero al diseño espectral de sistemas cuánticos, basado principalmente en un artículo de Bogdan publicado en 1984.

Para que el lector tenga una idea de lo que hablo, piense en una escalera de mano (escala). Digamos que los peldaños de la escala distan entre sí en una unidad. Piense también en una parábola suficientemente grande como para superponerla con la escala de tal forma que ambas descansan sobre el suelo, con el mínimo de la parábola entre las patas de la

Los naturalistas han observado que una pulga lleva sobre su cuerpo otras pulgas más pequeñas y que estas, a su vez, alimentan a otras pulgas más diminutas. Y así, hasta el infinito.
Jonathan Swift

escala. Ahora incrementa de forma indefinida tanto el número de peldaños de la escala como la altura de la parábola.

Lo que tenemos es un esquema de lo que los físicos llamamos espectro de energías del oscilador armónico cuántico. La parábola representa al potencial del oscilador, la escala al eje de la energía y los peldaños las únicas energías que son permitidas para el sistema. Piense ahora que la parábola es elástica y que la escala, aunque rígida, tiene la libertad de deslizarse verticalmente. Desplace la escala hacia abajo de tal forma que la nueva posición del peldaño inferior dista en una unidad de su posición anterior. Para que la parábola y la escala sigan descansando en el mismo nivel necesitamos que la primera se deforme, de allí que se le requiera elástica. La parábola deformada representa un nuevo sistema físico, uno que tiene exactamente el mismo espectro (la misma escala) que el oscilador (la parábola) pero que claramente no es dicho potencial. Este último es el resultado de Bogdan publicado en 1984¹.

Su impacto en el ámbito científico internacional ha sido impresionante y ha repercutido profundamente en la vida académica de nuestro Departamento. Basta decir que la descendencia académica de Bogdan incluye 15 nietos (4 doctores y 11 maestros en ciencias) y el mismo número de bisnietos (3 doctores y 12 maestros en ciencias) graduados en nuestros programas de posgrado con tesis que versan, directa o indirectamente, sobre el oscilador antes mencionado. “El perro tiene pulgas, y las pulgas del perro tienen pulgas”, suele decir Bogdan en alusión jocosa a Jonathan Swift cuando se entera de relaciones numéricas como la que acabo de hacer.

*Los ojos porque suspiras,
sábelo bien,
los ojos en que te miras,
son ojos porque te ven.*

Antonio Machado

Concluyo mi contribución con una de las anécdotas contadas por Bogdan que más me fascinan, la cual tiene que ver con su etapa de estudiante en la Universidad de Varsovia¹. Durante un congreso celebra-



do allí, en el que participaban algunos de los físicos más prominentes de la época, por alguna razón se interrumpió la energía eléctrica y se le encomendó a Bogdan esperar al electricista, que llegaría en breve, para reparar la avería. Así, Bogdan se apostó junto al tablero de control correspondiente. Minutos después apareció por los pasillos un hombre excesivamente delgado, vestido completamente de negro y portando un maletín en una de sus manos. Bogdan, presuroso, se acercó al individuo para indicarle dónde estaba el tablero. El hombre de negro, por su parte, le miraba desconcertado, sin decir palabra. Bogdan insiste diciendo (en Polaco, claro), aquí tiene usted el tablero, hay que recuperar la energía eléctrica. En ese momento, el interlocutor de Bogdan deposita su valija en el suelo y procede a quitarse el saco cuando, al fondo del pasillo, se escucha un grito: Profesor Dirac, disculpe, no lo hemos visto llegar. A mí me divierte imaginar el alboroto alrededor de Dirac frente al tablero, con Bogdan poniendo cara de ¿what? Las veces que le he escuchado narrar esta historia, Bogdan no deja de ser sarcástico consigo mismo e indicar: después de todo, el hombre no sólo parecía electricistaⁱⁱ. 🌀

* Este texto es un resumen del manuscrito preparado por el autor para festejar los primeros 80 años de vida del Prof. Bogdan Mielnik. El artículo completo puede consultarse en <http://www.fis.cinvestav.mx/~orosas/popular.html#1984>

Referencias

1. B. Mielnik, "Factorization method and new potentials" with the oscillator spectrum, *J. Math. Phys.* 25 (1984) 3387

Notas

- i. Esta es mi versión de lo que Bogdan cuenta al respecto, por lo que soy necesariamente impreciso con respecto a las palabras usadas por él. La narración es entonces hecha con mis palabras pero los hechos concretos no cambian, son tal cual los ha narrado Bogdan.
- ii. La broma cobra sentido al recordar que P.A.M. Dirac era ingeniero eléctrico, para su doctorado fue atraído por la física después de transitar por las matemáticas puras.



Más relatos en avanceyperspectiva.cinvestav.mx



Breve historia de 50 años de amistad Puedo decir con confianza que Bogdan nos introdujo al hermoso mundo de la física teórica Piotr Kielanowski http://bit.ly/1s8qh1L	Sobre genealogías, primogenituras y algunas aventuras El árbol genealógico con todos los estudiantes graduados por Bogdan es frondoso y sus ramas parecen sólidas. David J. Fernández C. http://bit.ly/1ZylZea	Sobre Bogdan Mielnik Creo que puede ser considerado un patriota, tanto de Polonia como de México, pero ante todo es un científico nato Anatol Odziejewicz http://bit.ly/1s8qVfC
--	---	--

EPICENTROS DE INFECCIONES

Lugares identificados como puntos de origen de infecciones por virus emergentes y reemergentes

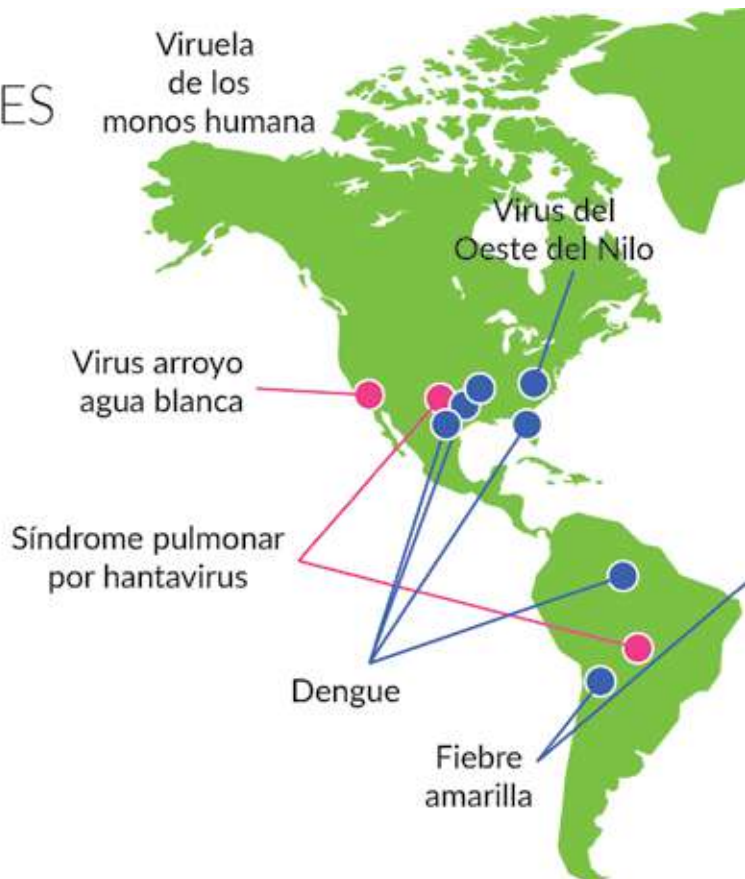
Además de África, hay otras regiones de las que eventualmente pueden surgir nuevos virus peligrosos para el hombre:

- Selva del Amazonas
- Sureste de Asia

1400 virus capaces de infectar al humano

50% de ellos se originaron en especies animales

30% de las infecciones son causadas por virus con genoma de ARN



LAS EPIDEMIAS POR VENIR



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

Del bosque de Zika –que aloja al Instituto de Investigaciones de Virus de Uganda– han surgido muchos patógenos transmitidos a través de mosquitos vectores, entre ellos el dengue, el chikungunya, el del Nilo Occidental, el de la Fiebre del Valle del Rift y también el del Zika, al que se le asignó el toponímico después de su identificación en 1947 por Alexander John Haddow.

Este virólogo escocés analizó muestras de sangre de un macaco *Rhesus* que presentaba fiebre. Al

principio suponía que se trataba de fiebre amarilla; pero tras inocular sangre de este mono a una rata y observar que también enfermó, se dio cuenta de que era otro virus.

Durante casi 20 años este virus de la familia de los flavivirus sólo era una curiosidad científica, ya que el primer caso en humanos fue detectado en 1964.

Hoy, la llegada del Zika a América –tras su expansión primero en África y después en Asia a través de mosquitos del género *Aedes*– ha llevado a la Organización Mundial de Salud (OMS) a decretar una alerta sanitaria generalizada, comparable con el dengue por la magnitud del riesgo de contagio que representa.

Los científicos sólo han descrito 34 de los 77 arbovirus (virus transmitidos por artrópodos) que se han detectado en el bosque de Zika. Pero África no es la única “caja de Pandora” de virus emergentes. Por ejemplo, en la selva del Amazonas



se han detectado otros como el *Ilheus* (que también es flavivirus como el zika) o el *Mayaro*, muy parecido al del chikungunya.

Muchos de ellos podrían “saltar” de su confinamiento selvático e infectar al ser humano u otros animales. De hecho, a principios de este año se detectó un caso de infección por virus *Mayaro* en un ciudadano francés. La próxima epidemia o pandemia quizá ya está incubándose en la zona del Amazonas o en otra región insospechada del mundo.

Esperar lo inesperado

Aunque ahora hay sistemas de vigilancia epidemiológica más eficaces, medidas de prevención, mejores prácticas sanitarias como la cloración del agua para beber y uso de excusados, así como antibióticos, vacunas y algunos antivirales, los médicos y científicos siguen detectando cada año agentes infecciosos que pueden causar brotes endémicos, epidemias o pandemias mortales.

Según la OMS, los trastornos infecciosos y parasitarios constituyen la segunda causa de muerte en el mundo: 15.6 por ciento de las defunciones en mujeres y 16.7 por ciento en varones ocurren por dichas causas, de acuerdo con la actualización realizada al reporte *Global Burden of Disease* de 2004.

¿Existen hoy más brotes infecciosos por virus emergentes que en el pasado? ¿O simplemente ahora tenemos mejores herramientas para detectarlos, así como medios de comunicación que diseminan

las noticias a escala global tan velozmente como lo hacen los propios virus en casos de pandemias?

“Hoy tenemos mejores sistemas de vigilancia epidemiológica, pero también cambios en los hábitos que pueden generar un aumento en el número de epidemias entre las poblaciones humanas, producto del salto de los virus desde su hábitat natural a las zonas urbanas”, explica el investigador Juan Ernesto Ludert León, del Departamento de Infectómica y Patogénesis Molecular del Cinvestav.

Más de la mitad de los mil 400 patógenos de todo tipo que afectan al ser humano proceden de otras especies animales, según el artículo de revisión publicado en la revista *Nature*, por Colin Howard y Nicola Fletcher, con el título “Enfermedades por virus emergentes: ¿podemos esperar lo inesperado?”

No hay nada nuevo bajo el sol, pues los organismos infecciosos han “saltado” la barrera entre las especies desde que se tiene noticia. A esta tendencia han contribuido no sólo las prácticas ancestrales de ganadería o crianza de aves de traspatio, que ha sido el origen de diversas cepas de virus grietales.

También existen factores sociales, ambientales y culturales que facilitan la aparición de infecciones no reconocidas (emergencia) o la reemergencia de otras que ya se habían identificado, pero que ocupan nuevos nichos ecológicos o zonas geográficas.

Los virus de Inmunodeficiencia Humana (VIH) y el causante de fiebre amarilla pasaron de monos

africanos a humanos; el ébola provino de murciélagos y primates, mientras el de la influenza AH1N1 surgió del rearrreglo en la información genética de un virus originalmente alojado en aves y cerdos.

Males sin fronteras

Juan Ernesto Ludert comenta que ahora nuestros hábitos han cambiado, lo que también favorece la diseminación de virus emergentes (que se consideran como tales cuando surgen por primera vez en una región, como el virus del zika en América).

Entre ellos menciona la creciente urbanización, la invasión humana de hábitats animales, la deforestación de grandes zonas verdes, así como la facilidad de desplazamientos, sobre todo, por vía aérea.

En el mundo interconectado de hoy, un pasajero de avión puede llevar rápidamente virus hacia nuevos nichos ecológicos. Esto ocurrió en 2003 con el virus del Síndrome Respiratorio Agudo Severo (SARS), que se propagó desde China a 17 países en menos de una semana. Algo parecido se registró durante el brote por el virus de la influenza AH1N1 en México.

Así lo revela un estudio titulado “La capacidad de los datos socioeconómicos y de viajes aéreos para predecir la expansión temprana de pandemias”, publicado en la revista *PLoS One* en 2010. En ese trabajo, Parvize Hosseini y Susanne Sokolow sugieren que el riesgo de propagación de influenza AH1N1 durante la emergencia en 2009 en México fue mayor cuando el volumen de tráfico aéreo era más alto.

Pablo Antonio Kuri Morales, subsecretario de Prevención y Promoción de la Salud de la Secretaría de Salud (SSa), comparte esta visión, ya que con más de 100 mil vuelos comerciales al día en el mundo, “una persona puede llevar una enfermedad de un lugar a otro en menos de 36 horas, lo que representa un problema global”.

En el caso de los virus transmitidos por mosquitos como *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* –causantes de enfermedades emergentes en América como el dengue, chikungunya y zika– el panorama se complica aún más, pues los expertos deben estudiar la compleja interacción que existe entre el huésped, los patógenos y el ambiente para encontrar claves que ayuden a contenerlas. Por estas razones es prácticamente imposible pronosticar nuevos brotes.

“No podemos predecir apariciones virales nuevas; lo que sí se puede predecir son los procesos ecológicos que facilitan la aparición de epidemias futuras”, comenta Antonio Lazcano Araujo, de la Facultad de Ciencias de la UNAM.

El experto en biología evolutiva señala que también es factible observar qué virus desarrollan resistencia a los tratamientos con antivirales, lo cual aumenta su peligrosidad. Asimismo, indica que todos los virus que se han estudiado son en realidad variantes de otros preexistentes, pues la probabilidad de que aparezca un nuevo patógeno viral totalmente nuevo es muy reducida.

“No sabemos qué virus vendrán ni cuándo llegarán y si van a quedarse”, afirma Juan Ludert.

Desde la Antigüedad, los virus han “saltado” la barrera entre especies y detonado enfermedades mortales. ¿Tenemos más brotes infecciosos hoy que en el pasado? ¿Podemos prevenirlos?



Fotografía: UVRI

El bosque de Zika ubicado en Uganda, lugar de origen de varios patógenos transmitidos por mosquitos

Esta interrogante aún no se aclara en el caso del zika. Muchos especialistas suponen que podría permanecer, como sucedió con el dengue, que se hizo endémico en América luego de que los humanos se convirtieron en su único reservorio.

Martha Yocupicio Monroy, investigadora en ciencias genómicas de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM), considera que como los mosquitos transmisores del zika son los mismos que contagian dengue y chikungunya, podríamos esperar un escenario similar al de estos males, es decir, que se distribuyan por todo el territorio nacional.

Vigilancia epidemiológica

En México, la detección e identificación de nuevos brotes infecciosos se realiza en forma sistemática, por lo que no se da una reacción aislada frente a un solo

agente que pueda suponer una amenaza, sino una respuesta coordinada basada en el monitoreo permanente que realiza el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica. Esta labor a su vez se coordina con las acciones emprendidas en otros países en el marco del Reglamento Sanitario Internacional.

Yocupicio Monroy señala que las emergencias con el virus de la influenza AH1N1 en 2009, así como la amenaza del ébola –que no llegó a territorio nacional en 2012 cuando esto parecía inminente– dejaron grandes enseñanzas al país. Entre ellas menciona el establecer un sistema de reporte inmediato de brotes, así como el reforzamiento de la vigilancia epidemiológica en las zonas fronterizas.

Sin embargo, como los virus emergentes tienen un amplio espectro de hospederos –que por lo regular comprende varias órdenes de mamíferos, según Howard y Fletcher– pueden surgir en forma inesperada, en cualquier momento procedentes de cualquier lugar. Estas son las razones por las que nuevos brotes infecciosos siempre están “al acecho”, a pesar de las medidas de prevención que puedan adoptarse.

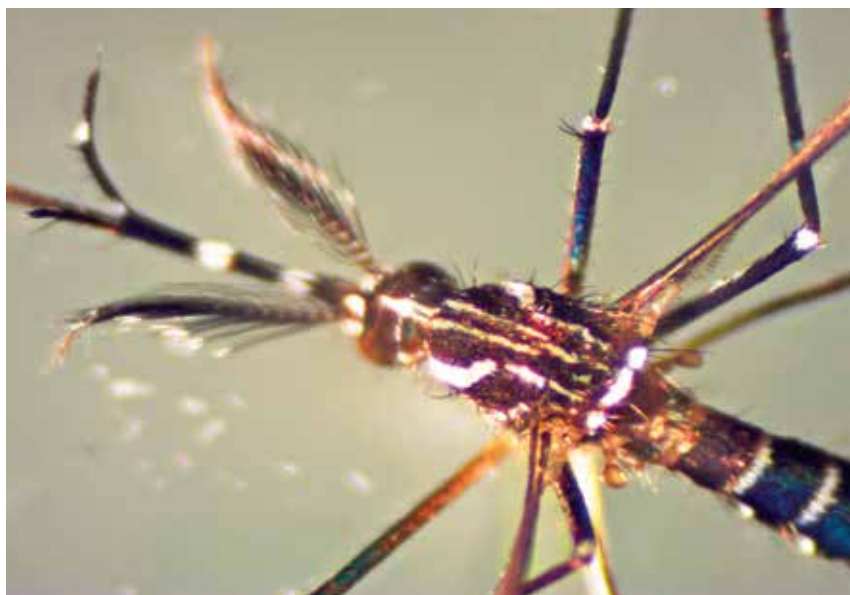
Para complicar más el panorama, los virus que contienen ácido ribonucleico (ARN) –como el VIH, el ébola, la influenza, el dengue y el propio zika– a diferencia de los que poseen ácido desoxirribonucleico (ADN) como el herpes o el papiloma, experimentan cambios constantes en su estructura y genoma, lo que dificulta su manejo y control.

Esto se debe a que los genomas de ARN poseen una mayor tasa de mutaciones, lo cual incrementa la diversidad genética que les permite adaptarse fácilmente a nuevos nichos o “saltar” entre distintas especies de hospederos.

Para Ludert León, una de las respuestas que puede aportar la ciencia básica ante estas emergencias es abordar la ecología viral, es decir, la interacción entre virus, vectores y reservorios naturales, de la que se sabe poco.

Hasta ahora, los científicos han enfocado sus esfuerzos preferentemente hacia el estudio de la interacción de los virus causantes de enfermedades con sus hospederos humanos o de otras especies animales. Así, se conocen muchos aspectos sobre la patogénesis, la biología molecular y sus mecanismos de transmisión.

También se han dado grandes avances en el estudio de los genomas virales y de otros agentes microbianos. Por ejemplo, el desciframiento de la estructura del virus del zika –reportado en marzo de este año en la revista *Science*– aporta un mapa que permite identificar las regiones que podrían convertirse en blancos terapéuticos para atacar la



Fotografía: Fidel de la Cruz, Antonio Celestino y Ángel Rubio

infección. Esto es vital para el desarrollo de vacunas o diagnósticos precisos.

Sin embargo, se conoce poco sobre la forma en que se desarrollan los virus en sus hábitats naturales; tener esta información también ayudaría a identificar y caracterizar aquellos que potencialmente podrían ser peligrosos para el ser humano o los animales que conviven cerca de él.

“Necesitamos investigarlos en su entorno natural, sus ciclos selváticos con monos, roedores y mosquitos, más allá de las enfermedades que puedan causar en el humano”, advierte Ludert León.

Pablo Kuri reconoce que si bien el trabajo del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica para alertar sobre la llegada de nuevos microorganismos infecciosos y organizar la respuesta sanitaria es adecuado, resulta insuficiente, por lo cual es necesario trabajar más en aspectos como educación para la salud y saneamiento básico.

El subsecretario de Salud menciona que ahora un gran reto en México es el diagnóstico de infecciones por virus del zika, que para ser certero requiere aplicar pruebas de laboratorio y diagnósticos moleculares, lo que no era necesario para los casos de dengue, en los que basta la prueba serológica (de sangre).

El funcionario considera vital que las mujeres embarazadas acudan regularmente a sus consultas prenatales, para descartar riesgos de complicaciones neurológicas en el producto, así como una comunicación clara de los verdaderos riesgos por infecciones. “Tenemos que ser cuidadosos y mantener el balance entre la percepción pública y la evidencia científica para informar de forma responsable sin alarmar a la gente”.

El mosquito *Aedes Aegypti* hembra es el vector que puede transmitir el virus chikungunya por medio de su picadura y se ha relacionado con la microcefalia



Rosa María Del Ángel

Jefa del Departamento de Infectómica
y Patogénesis Molecular
rmangel@cinvestav.mx

¿QUÉ SABEMOS DEL ZIKA?

En marzo pasado la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró a la infección por el virus zika una emergencia de salud internacional. Muy pocas enfermedades han sido declaradas así en los últimos años por lo que la pregunta evidente es ¿qué hizo que esa infección tuviera tal impacto?

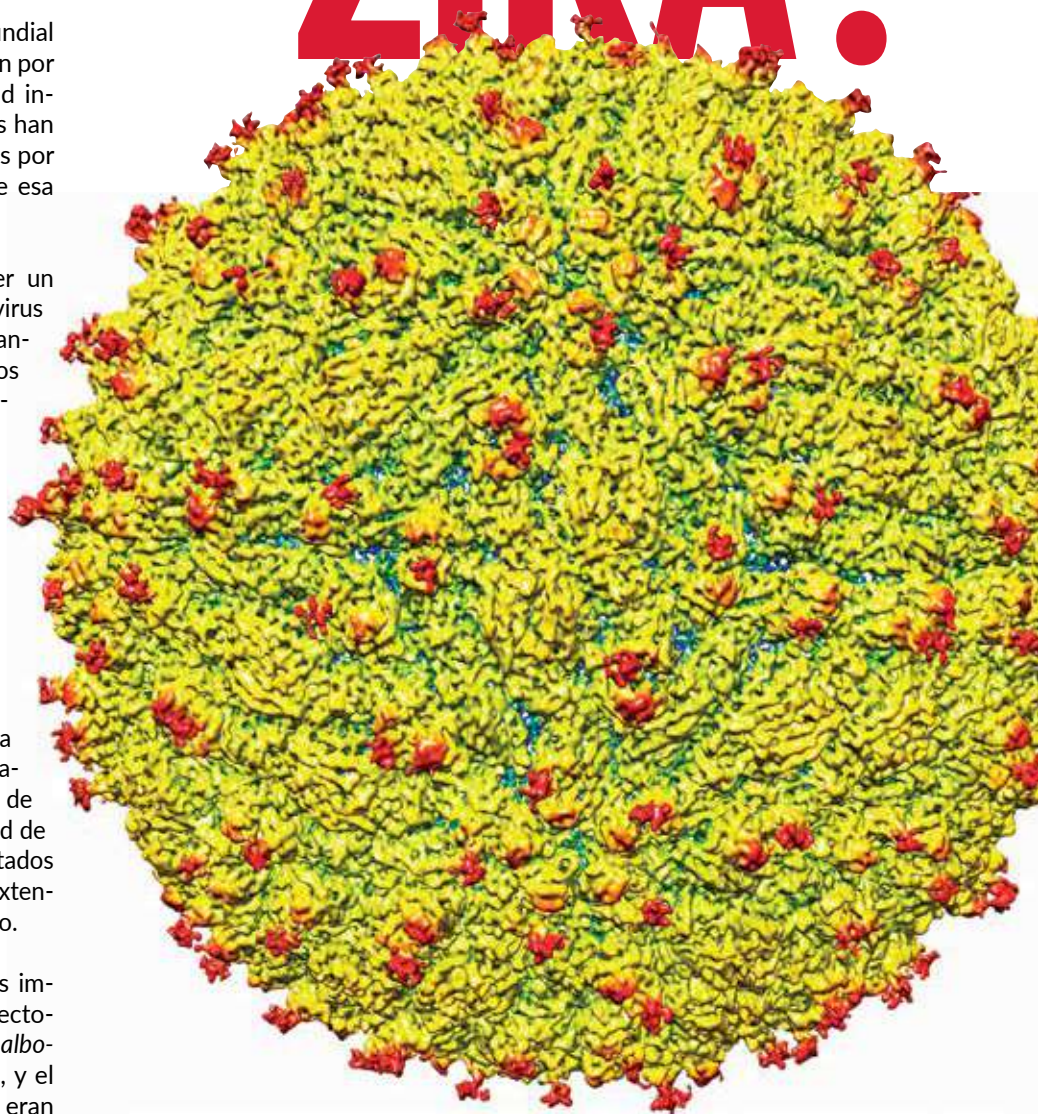
Para poder entenderla es importante conocer un poco acerca de su historia. El zika no es un virus nuevo, fue identificado por primera vez en Uganda (África), en un mono *Rhesus* en 1947. Algunos años más tarde, el virus se encontró en humanos en Uganda y Tanzania, aunque no fue hasta 1968 que se aisló por primera vez de individuos infectados en Nigeria. A partir de ese momento, se presentaron pequeños brotes de la enfermedad en África y Asia, hasta que en 2007 el virus llegó a la Isla de Yap (Micronesia), donde se notificaron 185 casos durante 13 semanas (de abril a julio). Desde ese momento, zika generó brotes en las islas del Norte de Australia, algunos de los más importantes ocurrieron en la Nueva Caledonia, Islas Cook y la Polinesia Francesa. En febrero de 2014, las autoridades sanitarias de Chile confirmaron un caso en la Isla de Pascua; en mayo de 2015, el Ministerio de Salud de Brasil confirmó la presencia del virus en los estados de Bahía y Río Grande del Norte, después se extendió hacia el norte y sur del continente americano.

Esta rápida dispersión obedeció a dos hechos importantes, el primero fue que los mosquitos vectores de la enfermedad (*Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*) están presentes en todo el continente, y el segundo es que todos los individuos en la zona eran susceptibles de infectarse, pues era la primera vez que zika aparecía en América.

El zika, un arbovirus (virus transmitidos por artrópodos) perteneciente al género *Flavivirus* y a la familia *Flaviviridae*, es genéticamente cercano a otros virus de importancia médica como el del dengue, el de la fiebre amarilla, el de la encefalitis japonesa y el del oeste del Nilo. Se han descrito dos linajes del zika: el africano y el asiático, este último es el que circula actualmente en América. La infección por zika sólo causa síntomas en uno de cada cuatro o cinco individuos y aparecen posteriormente al

periodo de incubación, que suele oscilar entre los tres y 12 días después de la picadura del mosquito infectado. Los síntomas son fiebre ($\geq 39^{\circ}\text{C}$), dolor de cabeza y en articulaciones, salpullido y conjuntivitis. Duran de cuatro a siete días y durante esta fase, el diagnóstico de la infección se realiza de manera eficiente y muy específica mediante Reacción en Cadena de la Polimerasa con Transcriptasa inversa (RT-PCR, por sus siglas en inglés).

A pesar de que puede considerarse que los síntomas de la enfermedad no ponen en riesgo la vida del pa-



Estructura externa del zika obtenida con crioelectromicroscopía y cristalografía de rayos X. La proteína E insertada en la membrana viral (amarillo) le da una forma esférica. Los residuos de carbohidratos de la proteína (rojo) sobresalen de la envoltura viral

Ilustración: Universidad Purdue, Indiana

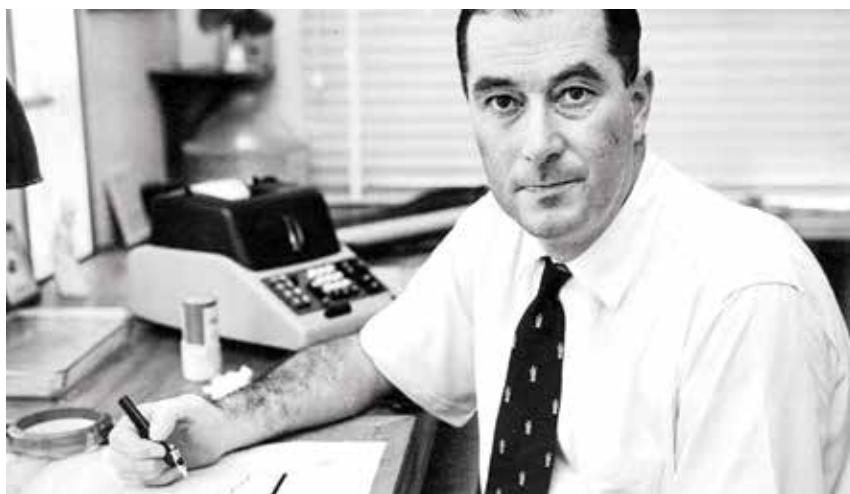
ciente, la emergencia de salud relacionada con zika se debe a la asociación que se ha descrito entre la infección de mujeres embarazadas y casos de microcefalia o anomalías del sistema nervioso de los hijos de mujeres con esta condición. Esta asociación está basada en el incremento de 20 veces el número de casos de microcefalia en Brasil tras el brote de zika, en la identificación del material genético del virus en líquido amniótico, placenta y cerebro de fetos o de bebés nacidos de madres infectadas; además de un estudio de seguimiento de mujeres embarazadas en Brasil, en donde se encontraron anomalías del sistema nervioso y microcefalia en el 29 por ciento de las mujeres que presentaron una infección por zika durante el embarazo.

Esta asociación inicialmente observada en Brasil se está confirmando en Colombia con los primeros casos de microcefalia en mujeres infectadas con zika durante el embarazo. Además de la asociación entre el virus y la microcefalia, también se ha encontrado la asociación entre el zika en adultos y el síndrome de Gillian-Barré (SG-B). Esto es debido al incremento en el número de casos de SG-B durante el brote de zika y a su presencia en líquido cefalorraquídeo de pacientes, tanto en Brasil como en otros países, entre ellos, la Polinesia francesa, Colombia, Venezuela, El Salvador y varios más. El SG-B es un padecimiento en donde el sistema inmune del individuo daña los nervios periféricos causando debilidad muscular y, en ciertas ocasiones, parálisis.

Dada la asociación de zika con microcefalia y SG-B es muy importante hacer un buen seguimiento de los individuos infectados, por lo que se requiere de pruebas serológicas que detecten anticuerpos de tipo IgM o IgG contra zika. Esto representa un gran problema ya que debido a las semejanzas que existen entre dengue y zika no es posible distinguir sus anticuerpos.

Por esta razón es complicado saber si alguien estuvo infectado con dengue, con zika o con ambos, dificultando el seguimiento de pacientes infectados. El diseño de pruebas serológicas específicas contra zika representan uno de los principales retos en el control y seguimiento de pacientes con dicho virus.

Por otro lado, la asociación de zika con microcefalia pone de manifiesto la urgencia de contar con una vacuna que evite que los hijos de mujeres embarazadas infectadas presenten anomalías. Por desgracia, hasta ahora no existe ni un tratamiento antiviral ni vacuna específica contra la infección por zika. En general, el diseño, generación y desarrollo de pruebas de protección de las vacunas requiere de tiempos que van de cinco a 10 años, por lo que no se prevé tener una vacuna en corto tiempo.



Fotografía: Instituto de Investigación de Virus de Uganda (UVRI)

Aunque la infección por zika parece depender primordialmente de la transmisión por la picadura de mosquitos, también se han documentado algunos casos provocados por contacto sexual. Esto ocurre debido a la presencia de virus en semen. Sin embargo, aunque puede permanecer en el fluido por más de dos meses, es difícil saber si está presente en todos los hombres infectados y cuál es la frecuencia de transmisión por este medio. Esta y otras preguntas podrán tener respuesta en los próximos meses.

Como es evidente, hasta ahora la única herramienta con la que contamos para prevenir la infección por zika es el control del mosquito vector. Dado que es el mismo que el que transmite el dengue y el chikungunya, su control ayudaría a reducir la infección por estos tres virus. Los mosquitos *Aedes* son de corto vuelo que pican durante el día, por tanto las medidas más importantes para su control son evitar depósitos de agua en los patios y jardines, usar larvicidas en depósitos abiertos de agua, emplear insecticidas y repelentes además de usar ropa de manga larga, pantalones y proteger las casas con mosquiteros.

Considerando que el control del vector es una de las mejores estrategias para prevenir diversas infecciones por arbovirus, en los últimos años, diversos grupos han tratado de usar herramientas modernas para reducir la población de mosquitos. Una de las maneras de hacerlo es generar mosquitos machos estériles, los cuales se han producido tanto por efecto de radiación como por la inserción de un transgen. Ambas estrategias, aunque útiles, han sido parcialmente eficaces. El reto por tanto, es generar mosquitos refractarios a la infección con estos virus o bien incapaces de replicar a varios arbovirus.

La emergencia de salud por zika está en el país y sólo los próximos meses nos permitirán conocer los riesgos que representará este virus para las siguientes generaciones. 

Alexander J. Haddow uno de los descubridores del virus zika en 1947. La fotografía es de 1960 cuando era director de UVRI

INFLUENZA LA AMENAZA CONSTANTE



Pavel Isa
Universidad Nacional Autónoma de México
pavel@ibt.unam.mx

La influenza es una enfermedad infecciosa respiratoria aguda con un alto índice de morbilidad y mortalidad a nivel mundial. A pesar del gran esfuerzo que se ha hecho en el control de este virus sigue siendo una de las grandes amenazas para las poblaciones humanas. En el último siglo, la influenza tipo A ocasionó tres pandemias y durante las epidemias anuales infecta aproximadamente del cinco al 15 por ciento de la población mundial, resultando hasta en 500 mil muertes. Además, existe un riesgo permanente de desarrollo de pandemias por el surgimiento de nuevas cepas.

Antes del descubrimiento de este virus, se pensaba que era causado por una bacteria: *Hemophilus influenzae*. La influenza tipo A pertenece a la familia *Orthomyxoviridae*, la cual agrupa a virus envueltos cuyo genoma es de RNA de cadena sencilla y polaridad negativa, segmentado. Dentro de esta familia están incluidos seis géneros virales: *Influenza virus A*, *B* y *C*, *Thogotovirus*, *Isavirus* y *Quararjavirus*, que infectan vertebrados. El más importante es el *A*, capaz de causar pandemias severas. La más devastadora de ellas se presentó durante los años 1918-1920, y es conocida como “influenza española”, la cual causó entre 20 y 40 millones de muertes a nivel mundial.

Este virus tiene una apariencia pleomórfica, con una envoltura lipídica que posee tres proteínas virales proyectadas hacia el exterior, las glicoproteínas de superficie hemaglutinina (HA) y neuraminidasa (NA) y, en menor proporción, la proteína transmembranal M2, que funciona como canal iónico. Por debajo de la envoltura lipídica, se encuentra una estructura reticular formada por la proteína de matriz 1 (M1), la cual envuelve a los complejos ribonucleoprotéicos, compuestos por los segmentos del genoma viral y proteínas asociadas. Además de las proteínas

estructurales, el virus codifica para varias proteínas no estructurales (NS1, NS2, PB1-F2 y N40), de las cuales algunas juegan un papel importante durante ciclo replicativo del virus mientras que otras, como NS1 y PB1-F2, modulan diferentes aspectos de la respuesta inmune promoviendo el establecimiento exitoso de la infección. La influenza tipo A infectan una gran variedad de vertebrados, incluyendo humanos, aves, porcinos, equinos, caninos, felinos y mamíferos acuáticos. Además, se ha demostrado que puede haber infecciones por transmisión interespecie, fenómeno conocido como zoonosis. Su reservorio natural son las aves acuáticas silvestres y se cree que estos virus que infectan a mamíferos surgieron a partir de cepas virales de origen aviar. Las infecciones en aves acuáticas suelen ser asintomáticas, ya que los virus están óptimamente adaptados a dichos huéspedes. Asimismo, se sabe que todos los subtipos virales se mantienen en circulación en aves acuáticas silvestres (aparte de las nuevas cepas identificadas en murciélagos), mientras que en humanos el número de subtipos en circulación es reducido (H1N1 y H3N2).

Para reinfectar continuamente a sus huéspedes este virus posee dos mecanismos: la deriva antigénica y el cambio antigénico. Además, su evolución es rápida debido a la existencia de variantes de un mismo tipo viral (ejemplo H1N1), que cocirculan y pueden reemplazar a otras en un periodo de tiempo corto.

La deriva antigénica ocurre como resultado de la acumulación lenta y progresiva de mutaciones puntuales, que confieren cambios menores en las proteínas virales. Los cambios se presentan en todas las proteínas; sin embargo, se observan principalmente en los dos blancos antigénicos, la HA y NA, ya que están sujetas a la selección positiva que favorece la permanencia de nuevas variantes. Como consecuencia de estos cambios menores, es necesario modificar frecuentemente las vacunas en uso, puesto que las anteriores dejan de conferir protección contra las nuevas cepas en circulación. La deriva antigénica parece ser más frecuente en los virus tipo H3N2, por que la tasa de evolución de estas cepas es mayor.

Por otro lado, en el proceso de cambio antigénico, una nueva variante se produce mediante la introducción de diferentes segmentos genómicos completos en la cepa en circulación. Esto ocurre cuando dos o



más virus que cocirculan en una misma población, coinfectan un mismo huésped y hay intercambio de cualquiera de los segmentos génicos; por ejemplo, la coinfección por un virus tipo H1N1 y otro tipo H3N2 podría dar lugar al surgimiento de una nueva cepa tipo H1N2.

Históricamente, las pandemias de influenza en humanos se han asociado a cepas de subtipo H1N1, H2N2, y H3N2; pero desde 1997, la introducción a humanos de cepas aviares de subtipo H5N1, H7N1, H9N2 y H7N7 por la vía zoonótica, ha generado enfermedades potencialmente letales. Aunque no se ha reportado la transmisión humano-humano, la continua circulación y amplia distribución de estas cepas virulentas, resulta en una amenaza potencial para el desarrollo de una nueva pandemia.

Para poder infectar a las células, los virus tienen que reconocer moléculas específicas en la superficie celular, denominadas receptores. En el caso del virus de influenza tipo A el receptor es el ácido siálico (SA), y dependiendo de la naturaleza de la proteína HA, esta puede reconocer diferentes moléculas de este tipo de ácido; por lo tanto, la especificidad de la infección hacia un huésped particular es determinada por el tipo de molécula de SA presente en la célula y el tipo de HA de la cepa viral. Estos virus aislados de humanos reconocen específicamente el SA con uniones tipo $\alpha 2,6$, mientras que las cepas aviares interactúan preferentemente con el SA con uniones tipo $\alpha 2,3$, por lo que estas últimas no son capaces de infectar fácilmente a humanos y requieren el proceso de adaptación, adquiriendo la capacidad de reconocer otro receptor.

Dado que los puercos poseen ambos tipos ($\alpha 2,6$ y $\alpha 2,3$) en el tracto respiratorio, son susceptibles a la infección tanto con cepas de origen aviar como de origen humano. Por lo tanto, se considera que

en estos, los virus de origen aviar se pueden adaptar a usar receptores para humanos y fungen como un huésped intermediario donde los virus que circulan en varias especies se mezclan para generar nuevas variantes.

Existen varios fármacos que se utilizan para el tratamiento de una infección por influenza, los primeros en aprobarse fueron la amantadina y la rimantidina. Estos dos medicamentos bloquean el canal iónico formado por la proteína M2 y son eficientes para disminuir la replicación del virus. Sin embargo, el tratamiento con estos fármacos genera variantes resistentes con una frecuencia mayor al 30 por ciento.

Recientemente se ha desarrollado una segunda generación de antivirales, los cuales inhiben la actividad enzimática de la proteína NA, que son el zanamivir y oseltamivir; sin embargo, también se han aislado cepas resistentes al tratamiento con estos fármacos. Dada la generación de cepas resistentes a los medicamentos y a la baja eficiencia de tratamiento, la mejor prevención es la vacunación. Los virus usados para generar vacunas se seleccionan anualmente para proteger contra las cepas virales que se estiman serán las que circularán prevalentemente en la siguiente temporada invernal.

A pesar del gran esfuerzo en el estudio de los virus de influenza tipo A, se trata de los patógenos más importantes, generando epidemias anuales y amenazando constantemente con una nueva pandemia. Por estas razones, el estudio del virus de influenza es de gran importancia. ☺

LA PELIGROSA RUTA DEL CHIKUNGUNYA

Fotografías: Efrén Díaz y Antonio Celestino



Juan E. Ludert

Departamento de Infectómica y Patogénesis Molecular
jludert@cinvestav.mx

Inicio y expansión de la epidemia en América: El 6 de diciembre 2013, dos habitantes de la parte francesa de la isla caribeña de Saint Martin fueron diagnosticados con chikungunya; estas personas no tenían historial de viajes y la isla atravesaba un brote de dengue. Estos casos representaron los primeros de transmisión autóctona de una enfermedad que nunca antes había sido observada en América. Desde Saint Martin, la epidemia se desplazó a otras islas del Caribe, incluyendo Martinica y Guadalupe, golpeando con particular fuerza a la República Dominicana. Actualmente, el virus del chikungunya se ha

extendido a todo el continente americano, con casos de transmisión autóctona reportados en más de 20 países (figura 1). El primero de estos casos en México se reportó en el estado de Chiapas, en noviembre del 2014. La alta infestación con *Aedes aegypti* y la alta proporción de susceptibles en la población, explican la rápida expansión del virus en el continente.

La enfermedad, su diagnóstico y tratamiento: El chikungunya es una enfermedad aguda que se presenta de manera súbita y, en la mayoría de los casos, con fiebre alta (mayor a 39°C) y dolor en las articulaciones (poliartralgias), especialmente en las pequeñas como en las manos (tabla). Los síntomas agudos duran de una a dos semanas. Sin embargo, una característica que distingue a la fiebre por chikungunya es que hasta la mitad de los pacientes pueden permanecer con dolencias en las articulaciones y con fatiga hasta por meses. Las razones para los dolores articulares prolongados se desconocen, pero existe evidencia que indica que el virus puede replicarse en las articulaciones y generar allí producción de citocinas



Ciclo de vida del mosquito *Aedes aegypti*. Presenta dos fases: acuática y aérea. La primera comprende hasta siete días, e incluye los estadios de huevo, larva (I-IV) y pupa (V); la segunda corresponde al mosquito adulto (VI), donde llega a vivir hasta 30 días

proinflamatorias y proteasas dependientes de metales (metaloproteasas). Dado los síntomas clínicos inespecíficos del chikungunya es muy difícil para el médico tratante distinguirlo de otras enfermedades febriles de curso violento como el dengue, zika, la fiebre amarilla o la malaria (tabla). Así que cuando un médico sospecha de un caso de chikungunya, tiene que recurrir a pruebas de laboratorio clínico para corroborar su sospecha; estas pruebas contemplan la detección de anticuerpos específicos contra el virus (tipo IgM) o de la partícula viral misma en suero.

Para el chikungunya, como en tantas otras enfermedades virales, no existe tratamiento específico, por lo que debe ser de sostén dirigido a aliviar los síntomas (dolor y fiebre). Tampoco existen vacunas para prevenir la enfermedad.

Dos buenas noticias en relación a la fiebre por chikungunya son que a pesar de la severidad de los síntomas, la mortalidad es muy baja (para el año 2015 la tasa de mortalidad reportada por la Organización Panamericana de la Salud para América fue de menos del 0.2 por ciento); y la otra es que debido a que no existen variantes genéticas como en dengue, la inmunidad generada por la infección natural suele proteger de por vida.

El agente causal: El chikungunya es una enfermedad causada por un virus homónimo. Fue descubierto en Tanzania en 1947 y denominado virus “que encorva”, por los locales. Es un arbovirus (virus transmitidos por artrópodos como mosquitos o garrapatas) y está clasificado dentro de la familia viral *Togaviridae* y el género *Alphavirus*. Los alfavirus son virus con envoltura, de unos 65-70 nm de diámetro que presentan un genoma compuesto por ARN de cadena simple y de polaridad positiva (figura 2). El virón está compuesto por tres proteínas: la cápside (C), que se acopla al ácido nucleico y las proteínas E1 y E2 (E de envoltura) que juntas forman espículas que se insertan en la membrana lipídica. El virus no presenta variantes

serológicas, pero sí varios linajes filogenéticos. Otros alfavirus parecidos a este y que también afectan ocasionalmente la salud de los humanos, son los que forman los complejos de las encefalitis equinas del Este, del Oeste y venezolana. A pesar de algunas semejanzas en sus cuadros clínicos y de compartir vectores, el virus del chikungunya no guarda ninguna relación con el del dengue o del zika.

Los agentes transmisores: El virus del chikungunya se transmite principalmente a través de la picadura del mosquito *Aedes aegypti*; un mosquito de hábitos urbanos y periurbanos que se ha adaptado maravillosamente a convivir con los humanos dentro y en los alrededores de sus viviendas. El *A. aegypti* es endémico en más de 100 países, ubicados en las regiones tropicales y subtropicales del planeta. En México, este mosquito se encuentra especialmente en los estados costeros y sólo algunos están libres de infección.

El mosquito *A. aegypti* no sólo es transmisor del virus del chikungunya sino también del dengue y del zika. Otro mosquito, el *Aedes albopictus*, también puede transmitir chikungunya, pero su importancia epidemiológica no es tan grande. El virus del chikungunya no se transmite directamente de persona a persona, siempre es a través de la picadura del mosquito.

La manera de cuidarnos de la fiebre por chikungunya es simplemente exponiéndonos lo menos posible a ser picados, utilizando repelentes de insectos, ropa rociada con repelentes, mosquiteros en puertas y ventanas, así como dormir bajo pabellones mosquiteros. Podemos proteger nuestras casas fumigando en su interior con regularidad pero sobre todo eliminando los criaderos del mosquito (recipientes que puedan acumular agua) en los alrededores de nuestras viviendas.

¿Qué hemos aprendido?: Las emergencias de chikungunya y de zika en estos últimos años en nuestro

continente han dejado lecciones y señalado aspectos que deben ser considerados como prioridades de estudio en los años próximos. Necesitamos:

- a) **Aprender mucho más sobre ecología viral:** se conoce relativamente poco sobre los factores que favorecen o controlan estas epidemias. Preguntas claves para las que no se tiene respuesta son: ¿el chikungunya llegó para quedarse en América, se estabilizará la epidemia, o se extinguirá en el futuro? ¿Qué potencial de generar epidemias tienen otros virus cercanos al chikungunya, como el virus Mayaro que se ha descubierto en la selva amazónica?
- b) **Desarrollar “pan-antivirales”:** la continua e inesperada emergencia y reemergencia de distintos virus y su rápida dispersión, llama a que el esquema “una droga-un patógeno” sea reemplazado por enfoques que busquen desarrollar fármacos efectivos contra varios virus a la vez. El hecho de que cada vez se identifican más factores celulares que participan en la replicación de varios agentes virales y que podrían convertirse blancos de antivirales, hacen pensar que este enfoque es posible.

Síntomas	Chikungunya	Dengue	Zika
Fiebre (>39°C)	Alta, de inicio súbito y casi siempre presente	Alta, de inicio súbito y casi siempre presente	Moderada y casi siempre presente
Dolores articulares (poliartralgias)	Intensos y presentes en cerca del 100% de casos	Moderados y a veces presentes	Leves y casi nunca presentes
Dolor de cabeza	Fuerte y casi siempre presente	Fuerte y casi siempre presente, acompañado de dolor retro-orbital	Leve y casi siempre presente
Manchas rojas en la piel (exantema)	Leve y presente en cerca de la mitad de los casos	Leve y presente en cerca de la mitad de los casos	Casi siempre presentes y de aparición súbita
Prurito	Leve o moderado y casi siempre presente	Leve y casi nunca presente	Moderado o intenso y casi siempre presente
Conjuntivitis	Presente en cerca del 50% de los casos	Muy pocas veces o nunca presente	Presente en la mayoría de los casos

Tabla: Juan E. Ludert

Países (verde oscuro) que han reportado transmisión autóctona de chikungunya. Imagen tomada de la página del Centro de Control y Prevención de Enfermedades de EU

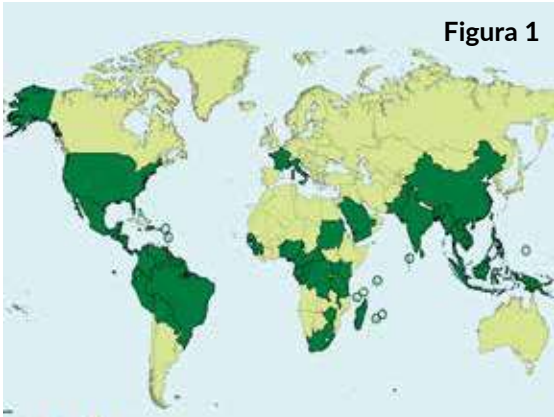


Figura 1

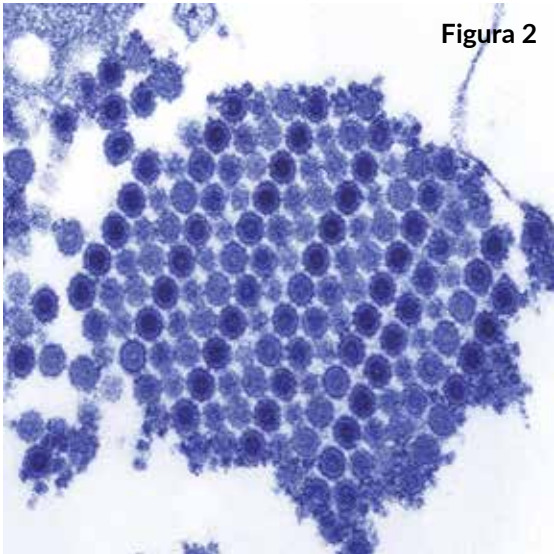


Figura 2

Centros de Control y Prevención de Enfermedades, Atlanta. Cynthia Goldsmith

- c) **Desarrollar “plataformas de vacunas”:** la incapacidad de predecir qué nuevo virus va generar una epidemia, la rapidez de propagación y, en ciertos casos, el gran número de personas en riesgo, llama a la necesidad de desarrollar tecnologías que permitan generar vacunas seguras sin tener que empezar desde cero. En este sentido podría pensarse en vectores de expresión o clonas virales infecciosas ya atenuadas, que mediante técnicas de biología molecular puedan ser rápidamente modificadas a la expresión de nuevos o múltiples antígenos virales.
- d) **Desarrollar estrategias de control de vectores sustentables y amigables con el ambiente:** los insecticidas usados actualmente en las campañas de control de mosquitos son costosos y contaminantes. Se necesita avanzar en el desarrollo de controles biológicos, basados en predadores naturales de larvas de mosquito o insecticidas biodegradables, trampas para la deposición de huevos de mosquito, así como el desarrollo de mosquitos con capacidad vectorial disminuida. En este sentido es bueno recordar que no se busca la extinción de ninguna especie, sólo el control de poblaciones y que ningún método por sí solo, llevaría a resultados satisfactorios. ☺

LAS ENFERMEDADES QUE NO SE FUERON



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

En 1978, el joven somalí de 23 años, Ali Maow Maalin, fue el último caso registrado de viruela en el mundo, dos años más tarde la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró la erradicación de esta enfermedad a nivel mundial. Las efectivas campañas de vacunación, la vigilancia y las medidas de prevención libraron al mundo de un padecimiento que, históricamente, llegó a matar al 35 por ciento de los infectados y dejó a otras personas ciegas o con cicatrices muy evidentes. Se estima que casi 500 millones de personas murieron a causa de ese mal durante el siglo pasado.

Además de las medidas de salud tomadas, la desaparición de la viruela se debió a que: 1) la enfermedad no tuvo un reservorio animal; 2) todos los infectados presentaban síntomas sumamente visibles y, 3) el plazo entre la exposición y la aparición inicial de los síntomas era breve. Características que ninguna otra enfermedad viral existente tiene.

La erradicación de la viruela y los avances en la medicina, específicamente en el uso de vacunas, sugerían que las enfermedades infecciosas podían ser controladas o que disminuirían paulatinamente. Contrario a esto, el mundo sigue enfrentando la reemergencia de padecimientos virales como la influenza, el dengue o el sarampión. Al mismo tiempo, hoy existen mejores métodos y estrategias para vigilarlas y enfrentarlas.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) define a las enfermedades reemergentes como la reaparición y el aumento del número de infecciones de una patología ya conocida que, en razón de los pocos casos registrados, había dejado de considerarse un problema de salud pública.

Martha Yocupicio Monroy, investigadora en ciencias genómicas de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM), explica que el brote de algunos padecimientos se debe en gran medida al incremento en la globalización, pues contribuye a la transferencia de patógenos a nuevas áreas geográficas.

“El crecimiento poblacional, así como la movilidad, la urbanización y la deforestación que traen consigo cambios tanto en el medio ambiente como en el clima, tienen efectos importantes en la aparición de enfermedades emergentes y reemergentes. Otro factor de suma importancia es el decrecimiento en la inmunidad de la población debido a una baja en la tasa de vacunación”.

Jorge Reyes del Valle, profesor asistente de la Universidad Estatal de Arizona (ASU, por sus siglas en inglés) y egresado del Cinvestav, comenta que en Estados Unidos y algunos países de Europa, algunas enfermedades infecciosas prevenibles por vacunación se están extendiendo porque los padres no vacunan a sus hijos por el temor a posibles efectos secundarios.

En 2014, el Centro Nacional de Inmunización y Enfermedades Respiratorias en Estados Unidos registró un brote de aproximadamente 670 casos confirmados de sarampión, lo que representó la cifra más alta desde el año 2000, cuando esta enfermedad exantemática se declaró eliminada del continente americano. Tal situación alertó a las autoridades sanitarias mexicanas a prevenir un potencial brote epidémico, condición que se pudo evitar porque, a diferencia de otros países, “México tiene una cobertura de vacunación de cerca del 93 al 94 por ciento”, afirma Jorge Reyes. Este logro es la acción más efectiva para prevenir brotes epidémicos.

En ese mismo periodo México sólo reportó un caso de sarampión importado de Estados Unidos. Esta es la enfermedad viral más contagiosa que el ser humano conoce y, a decir de Jorge Reyes, “desde el punto de vista epidemiológico, en las enfermedades infecciosas hay una cifra clave que se conoce como número R_0 , índice de transmisión de casos, esto es el número de contagios que estadísticamente se puede esperar de una enfermedad infecciosa. En el caso del sarampión su número R es de 12 a 18, una sola persona puede infectar hasta a 18 individuos más”.

Para tener una comparación, el investigador explica que en el caso del ébola su número R_0 es



de uno a dos y en los diferentes tipos de influenza oscila entre tres a cinco, lo que da una idea de los alcances del sarampión. “Cuando los virus son sumamente infecciosos, la única manera de prevenir una reemergencia es con una cobertura de vacunación elevada”.

Causado por un virus de la familia *paramixovirus* –que normalmente replica en las células de revestimiento de la faringe y los pulmones– el sarampión ha demostrado ser muy difícil de erradicar ya que aproximadamente en el mundo ocurren alrededor de 150 mil muertes anuales por esta enfermedad. La mortalidad de este padecimiento es de cerca del cinco por ciento de los casos, lo que indica que hay millones de enfermos al año debido a que el virus es sumamente infeccioso, pero también a que la vacuna no se ocupa de manera apropiada. “Por ejemplo, en algunas regiones de Estados Unidos y Europa, con una cultura antivacunación en crecimiento, la cobertura contra el sarampión es baja e insuficiente y cualquier caso índice origina fácilmente un brote epidémico”, menciona Jorge Reyes.

En México, la influenza (en todos sus tipos) ha sido el caso de reemergencia viral más significativo en los últimos años, pero existen enfermedades como el dengue que siguen representando un reto sanitario para las autoridades del mundo y del país. La Secretaría de



Ilustración: Códice Florentino

Salud (SSa) asegura que las cifras de padecimientos por dengue van en aumento. El año pasado se registraron más de 32 mil contagios, de los cuales 8 mil 800 fueron de gravedad.

El dengue, transmitido por la hembra del mosquito *Aedes aegypti*, que también es responsable de las infecciones del chikungunya y zika, es considerado el padecimiento reemergente más importante en el continente americano, sus formas hemorrágicas son cada vez de mayor relevancia, especialmente el aumento progresivo en el número de defunciones. La OMS estima que provoca alrededor de 400 millones de infecciones por año.

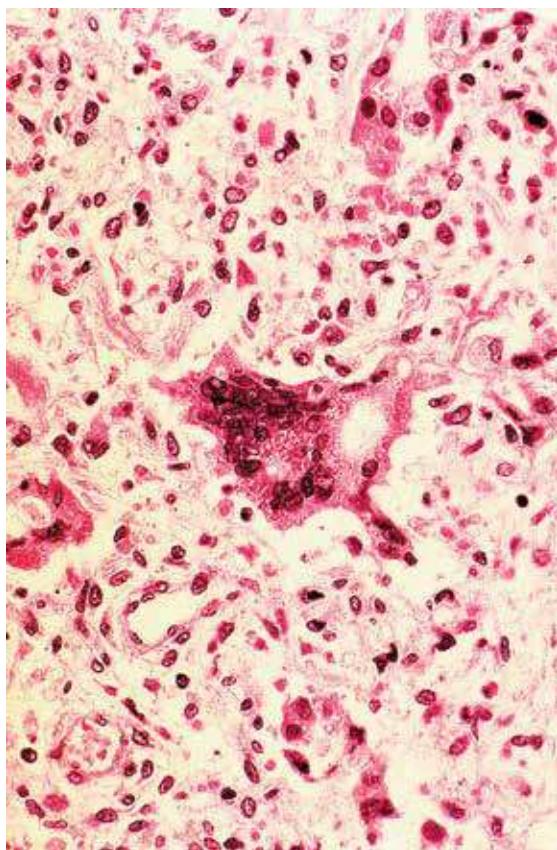
A finales de 2015, la SSa emitió el primer registro de vacuna contra el dengue, desarrollado por la empresa farmacéutica francesa Sanofi Pasteur. Actualmente este tratamiento ya fue aprobado para su uso en dos países más: Filipinas y Brasil. La vacuna está diseñada para convencer al sistema inmunológico humano de fabricar anticuerpos contra los cuatro serotipos del virus del dengue.

Martha Yocupicio menciona que “la pruebas clínicas realizadas previamente en Asia y en América Latina, incluyendo a nuestro país, demuestran que la vacuna protege hasta un 80 por ciento contra las formas graves de la enfermedad, pero solamente en aquellos individuos que hayan estado expuestos previamente a una infección por dengue. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que se requiere más tiempo de seguimiento de los individuos vacunados para tener un panorama completo de los beneficios de la aplicación de dicha vacuna”.

Aun bajo las condiciones de reemergencia y la gran complejidad de las enfermedades virales, en la actualidad se puede hablar de que existe un mejor control y prevención de muchos de estos padecimientos. Actualmente la poliomielitis y la rubeola son candidatas a ser erradicadas.

Yocupicio Monroy afirma que la mejor estrategia para controlar un brote, además de contar con laboratorios y personal especializados, “es la evaluación del riesgo de diseminación a otras regiones tomando como base los datos virológicos, epidemiológicos y clínicos, para lo cual las autoridades y las instituciones de salud han de contribuir en determinar las acciones a realizar”.

Para hacer frente de forma efectiva a las enfermedades emergentes y reemergentes, derivados del nuevo perfil tanto demográfico como epidemiológico, se requiere de un sistema de salud sólido que brinde una respuesta eficaz a la población. Los especialistas coinciden que México se ha preparado en la prevención y control de varias enfermedades mediante las campañas de inmunización a nivel nacional, así como en la socialización de las medidas preventivas a desarrollar para evitar los contagios.



Fotografía CDC

Enfermos de viruela o hueyzáhuatl, durante el sitio de Tenochtitlán. Abajo, células infectadas por el virus del sarampión

EL VUELO DEL MOSQUITO:

UN DEBATE SOBRE MOSQUITOS*

Fidel de la Cruz Hernández
y Ma. Eugenia Pérez Bonilla

Generalidades

Los mosquitos, esos pequeños organismos que nos acosan con sus picaduras al amanecer o al atardecer, presentan características que resultan sorprendentes (figura 1). En principio, los mosquitos pertenecen al grupo de los insectos, organismos cuyo cuerpo está formado por tres partes: cabeza, tórax y abdomen; poseen seis patas y dos pares de alas. Usted no debe confundir a los insectos con otros grupos zoológicos muy relacionados, como aquel al que pertenecen las arañas, las cuales poseen sólo abdomen y cefalotórax, donde están fusionados la cabeza y el tórax. Esto significa simplemente que les falta el cuello.

Aspecto de la Hembra del *Aedes albopictus* o mosquito tigre asiático. Este insecto puede transmitir varias enfermedades

Se preguntarán ustedes cómo es eso de que los mosquitos tienen dos pares de alas, si realmente sólo podemos observar uno. Bueno, la respuesta es que durante el largo proceso de la evolución, los dípteros, grupo de insectos al que pertenecen los mosquitos, moscas, jejenes y moscas de la fruta, entre otros, han modificado el par posterior de alas para formar pequeñas estructuras en forma de pelotita llamadas balancines (o halteres) que les sirven para equilibrar su cuerpo durante el vuelo. ¿Cómo? ¿No nos creen? Pues observen con una lupa uno de estos animalitos, justo detrás de las alas (figura 2).

Todo esto de la constitución de los insectos está muy bien, nos dirán los amables lectores, pero ¿qué tiene de importante estudiar a los insectos, a los molestos bichos? -así dijo Pris, Priscila, una niña que vemos muy seguido por aquí y que opina y pregunta de muchas cosas. Con un poco de suerte, mala o buena, quién sabe, podría estudiar ciencia, en especial a los mosquitos.

Los mosquitos son importantes por varias razones: forman parte de las cadenas tróficas (de alimentación) de prácticamente todos los tipos de organismos: anfibios, reptiles, peces, pájaros y mamíferos. Además, estos insectos se alimentan de jugos dulces de origen vegetal y pueden trabajar como polinizadores. Desde el punto de vista humano, una de las causas principales para estudiar a los mosquitos y otras especies de artrópodos chupadores de sangre (hematófagos), es porque son vectores de los parásitos más variados y peligrosos. Entre las enfermedades transmitidas por mosquitos están las causadas por protozoarios como el paludismo o malaria, leishmaniasis o úlcera de los chicheros y la enfermedad de Chagas, por mencionar algunas. Estos insectos también son vectores de afecciones producidas por virus como el dengue, la fiebre amarilla y la encefalitis japonesa, entre otras; y de los espectaculares padecimientos producidos por gusanos conocidos como filarias y que incluye a la elefantiasis, síndrome en el que las extremidades se hinchan enormemente (más información en la tabla 1).

Una de las primeras preguntas que se nos pueden ocurrir respecto a los mosquitos es: ¿cuántos mosquitos diferentes existen? Se ha calculado que existen 50 mil especies, de las cuales sólo 3 mil 450 se han identificado, pero esta cantidad aumenta en 18 cada año.



Figura 1

Fotografía: De James Gathany, CDC

Tabla I. Principales enfermedades transmitidas por mosquitos

Enfermedad	Presencia y Transmisión	Comentarios
Malaria, producida por protozoarios del género <i>Plasmodium</i>	- Existe en 102 países (incluido México) 200 millones de caso al año - Transmitida por mosquitos anofelinos	La enfermedad resurgió después de la interrupción de las campañas de control. Aumentan los reportes de parásitos resistentes a drogas Aumento en el número de cepas de mosquitos resistentes a insecticidas. Actualmente están en prueba vacunas que pueden disminuir el número de casos pero no son totalmente efectivas.
Filariasis, Helmintiasis producidas por diversas especies: <i>Wuchereria</i> , <i>Brugia</i> , etc.	50 países (incluido México) 91 millones de casos al año - Transmitidos por diversos mosquitos: <i>Culex</i>, <i>Anopheles</i>, <i>Aedes</i>, <i>Mansonia</i>	Presentes en Asia, América y África. Existe en lugares donde hay condiciones pobres de sanidad y cuerpos de agua que facilitan la reproducción de los mosquitos.
Dengue, enfermedad producida por el flavivirus DEN	- Existe en 50 países (incluido México). 1 millón de casos al año	El mosquito <i>Aedes</i>, responsable de la enfermedad, reapareció después de la interrupción de las campañas de erradicación. No hay vacuna.
Encefalitis japonesa, producida por el flavivirus JE	16 países 30 000 casos por año - Transmitida por mosquitos del género <i>Culex</i>	Existe vacuna aunque es muy costosa. El uso de pesticidas y cambios en los patrones de Irrigación pueden prevenir la enfermedad.
Fiebre amarilla producida por el flavivirus YF	- Presente en 20 países 10 000 casos al año - El mosquito <i>Aedes</i> es transmisor	Relacionada a otras encefalitis virales. El virus puede sobrevivir en el huevo del mosquito.

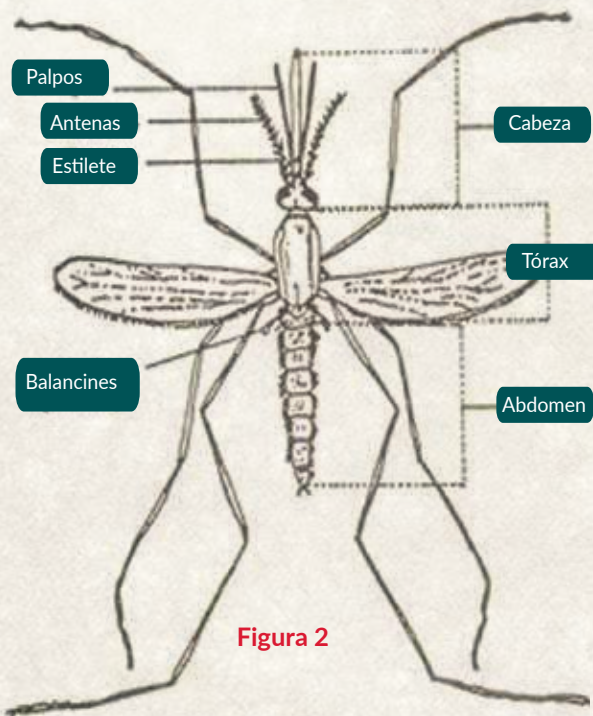
La variedad en el aspecto de los mosquitos es muy grande, ya que hay especies que presentan coloraciones muy vistosas, antenas plumosas y cuerpos alargados o redondos. Esta variedad ha originado nombres populares para estos insectos, tales como mosquito leopardo o mosquito mariposa de Centro y Sudamérica, este último notable por su belleza. ¿Por qué nunca me ha picado un mosco tan bonito? -también lo dijo Pris.

-No te conviene semejante honor -nos apresuramos a contestarle-, ya que este mosquito es vector de la peligrosa fiebre amarilla. ☹️



Lea el artículo completo en <http://bit.ly/1OcsnTK>

*Publicación original: Hernández, Fidel y Pérez, Ma. Eugenia, "El vuelo del mosquito: un debate sobre mosquitos", en *Avance y Perspectiva*, vol. 14, enero-febrero, 1995, p. 5-15.


Figura 2

Aspecto general de un mosquito. En la figura se representan varias de las estructuras que se utilizan para identificar al insecto

DESCIFRADO GENOMA DEL FRIJOL

La leguminosa más importante en la dieta de la población mundial, el frijol mesoamericano, cuenta ya con el catálogo completo de su secuencia genómica gracias al trabajo de un equipo iberoamericano de expertos en el que participan científicos del Cinvestav.

El hallazgo, resultado de la iniciativa del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, fue codirigido por Alfredo Herrera Estrella, de la Unidad de Genómica Avanzada en Irapuato, Guanajuato, junto con Roderic Guigó y Toni Gabaldón, del Centro de Regulación Genómica en Barcelona, España.

“Logramos no sólo identificar 30 mil 491 genes del frijol común; también analizamos su patrón de expresión; es decir, en qué parte de la planta están localizados y cuándo se encuentran funcionando”, explicó Herrera Estrella.

Este trabajo, publicado en la revista especializada *Genome Biology*, hará posible incrementar el conocimiento sobre el frijol común mesoamericano *Phaseolus vulgaris*, así como eventualmente producir especies mejoradas con mayor contenido de nutrientes o resistentes a condiciones adversas como sequía o salinidad.

Un equipo iberoamericano de investigadores, coliderado por Alfredo Herrera Estrella, de la Unidad de Genómica Avanzada, identificó más de 30 mil genes y sus funciones

Dichas mejoras tendrán que hacerse a través de cruces selectivos, pues por las características del frijol –leguminosa consumida por más de 500 millones de personas en el mundo– no es susceptible de procesamiento mediante técnicas de ingeniería genética, explicó el investigador del Cinvestav.

Roderic Guigó comentó que la secuenciación del genoma del frijol, tanto en su variedad andina (que fue concluida previamente) como mesoamericana, impulsará la producción agronómica de esta planta. Gracias a esta información podrán identificarse genes muy importantes, involucrados en la resistencia a enfermedades, tolerancia a la salinidad o sequía, fijación del nitrógeno (que contribuye a la nutrición de la planta), formación de células reproductivas y calidad de las semillas.

Para completar esta secuenciación –en la que participaron también científicos de Argentina y Brasil– los ministerios y consejos de ciencia de las cuatro naciones invirtieron 2.4 millones de dólares.

(Guillermo Cárdenas)

“

Logramos no sólo identificar 30 mil 491 genes del frijol común; también analizamos su patrón de expresión; es decir, en qué parte de la planta están localizados y cuándo se encuentran funcionando”

La información del genoma puede ser consultada en las siguientes plataformas: <https://genomevolution.org/CoGe/SearchResults.pl?s=20365>, bajo el identificador “Genome ID 20365”. El genoma y el transcriptoma de BAT93 están disponibles en <http://denovo.cnag.cat/genomes/bean>

TRAS EL MITO DE LAS ONDAS GRAVITACIONALES



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

Hace algunos meses, los físicos que estudiamos la fuerza de gravedad festejamos los 100 años de la formulación de la Teoría General de la Relatividad por Albert Einstein. No terminábamos de brindar y de “chocar los caballitos de tequila” cuando el 11 de febrero el Observatorio de Ondas Gravitacionales Vía Interferometría Láser (LIGO, por sus siglas en inglés) anunció que el 14 de septiembre pasado detectó el paso de una onda gravitacional proveniente del choque de dos hoyos negros de aproximadamente 30 masas solares cada uno. El choque tuvo lugar hace unos mil 300 millones de años, en

un lugar que no quedó del todo claro, aunque se tiene una idea cercana de en qué región del universo se encuentra. Un resultado de verdad espectacular. Pero, ¿qué es una onda gravitacional?

En realidad las ondas gravitacionales fueron predichas por el propio Einstein en 1916, pero la tecnología de aquella época estaba realmente muy lejos de poder detectar un evento como este. LIGO descubrió una perturbación del espacio-tiempo que es mucho menor al tamaño de un átomo de hidrógeno, ya el avance tecnológico que esto significa es impresionante, pero la detección de la onda misma es para la ciencia mucho más espectacular.

Déjenme platicar brevemente qué es una onda de estas. Imagínense una onda causada por la caída de una piedra en un estanque de agua tranquila. La onda de agua se propaga en todas direcciones, su amplitud va decayendo conforme se aleja del punto en donde cayó la piedra debido a la disipación de la onda. Este fenómeno es bien conocido por todos nosotros y es muy parecido al fenómeno de una cuerda de violín vibrando. En este último fenómeno

En 2015 los detectores del LIGO, registraron ondas en el tejido del espacio-tiempo (ondas gravitatorias) que llegaron a la Tierra, desde un evento catastrófico en el universo distante



lo que se perturba es la densidad del aire y nosotros lo conocemos como sonido. Las ondas de radio, de televisión o de nuestro teléfono celular son de tipo electromagnético que se propagan en el vacío.

Una onda gravitacional es una perturbación del espacio tiempo. Recordemos que Einstein postuló que las fuerzas no existen, al menos la de gravedad, sino que esta "fuerza" es la manifestación de la curvatura del espacio-tiempo debida a la presencia de la materia. Esto implica que si la materia se mueve, debe perturbar el espacio tiempo, tal y como lo hace la piedra cayendo en el estanque o un dipolo magnético vibrando en el vacío. Sin embargo, la amplitud de esta onda es extremadamente pequeña, tanto que, aunque la Tierra gire alrededor del Sol y emita ondas gravitacionales a su paso, son tan pequeñas que son indetectables. Sin embargo, el choque de hoyos negros es un evento tan intenso que emite ondas que podríamos detectar.

Efectivamente, según las leyes de la relatividad de Einstein, si dos hoyos negros chocaran cerca de nuestro sistema solar, la onda proveniente de la colisión podría destruir la vida en la Tierra. Para darnos una idea de esto, recordemos la energía nuclear. Las bombas atómicas transforman, digamos un kilogramo de materia en energía para provocar tan inmensa explosión. La materia se transforma en energía a una razón dada por la famosa fórmula de Einstein $E=mc^2$. La energía generada por un pedazo de materia es igual a la masa de esa materia multiplicada por la velocidad de la luz al cuadrado.

El choque de hoyos negros que detectó LIGO transformó tres masas solares en energía en unas cuantas milésimas de segundo. Cuando tuvo lugar este evento, sin ninguna duda fue el fenómeno más energético del universo y seguramente pudo sentirse en toda la galaxia en donde tuvo lugar. El espacio-tiempo se modificó a su alrededor de tal forma que pudo desgarrar materialmente planetas, estrellas y todo lo que estaba a su alrededor. Por eso es que lo podemos ver mil 300 millones de años luz después de que sucedió a mil 300 millones de años luz de distancia. Afortunadamente los dos detectores de LIGO están justo diseñados para este tipo de eventos. Se pensaba que este observatorio podría detectar alguno de estos eventos en los primeros 50 años de su existencia, con suerte, uno por año. Lo maravilloso es que el nuevo LIGO inició oficialmente operaciones el 16 de septiembre de 2015 y la detección se llevó a cabo el 14 de septiembre, antes de la inauguración.

LIGO son dos interferómetros, uno en el estado de Washington y el otro en el de Luisiana, cada uno con brazos de cuatro kilómetros de largo, con un láser que corre en un tubo de vacío que se considera el mayor que se ha logrado con la tecnología moderna. En un aparato como estos, incluso las vibraciones de las



Vista panorámica de las instalaciones del LIGO en Hanford, Washington (página anterior) y Livingston, Luisiana

moléculas de los espejos, resultado de la temperatura del material, se tienen que tomar en cuenta. El logro tecnológico para controlar todos estos detalles es, ya de por sí, impresionante. Al final, LIGO detectó variaciones en la trayectoria de la luz del láser del orden de 10^{-21} , para un brazo de cuatro kilómetros de largo, lo que significa una distancia aún menor al tamaño de un átomo de hidrógeno. El laboratorio se planeó en la década de 1960 y se instaló en la de 1990. Todo este tiempo ha sido para perfeccionarlo y caracterizar el ruido proveniente de un montón de fuentes de toda índole.

Pero el resultado es grandioso, pues de aquí concluimos varias cosas. La primera es que la Teoría General de la Relatividad de Einstein es certera. Para muchos de nosotros la sorpresa hubiera sido que no lo fuera. Esto nos dice que la formulación de Einstein es correcta incluso en este punto. Segundo, el acercamiento de los dos objetos que chocaron sólo se puede explicar si estos son hoyos negros, comprobando así su existencia. También nos muestra el orden de magnitud de los eventos y que, probablemente, estos choques son mucho más comunes de lo que pensábamos antes. Pero lo más importante es que este suceso abre una nueva perspectiva para la astronomía. Permítanme dejar esto bien claro. El universo es un ente que tiene varias fuerzas que lo gobiernan (aunque, como dije antes, estas no existan).

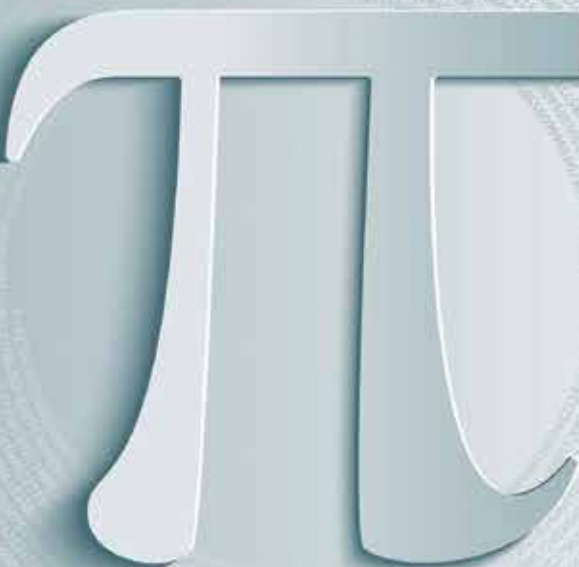
La fuerza electromagnética mantiene unido a los átomos, las nucleares mantienen estable a los núcleos de estos átomos. Sin embargo, la que gobierna la estructura del universo es la gravedad. Hasta

ahora hemos visto al universo sólo en su espectro electromagnético: ondas de radio, microonda, infrarrojo, visible, ultravioleta, rayos X, rayos gama. Pero las ondas gravitacionales son las verdaderas portadoras de la información de la dinámica del universo. Ahora podemos soñar en ver al universo en su verdadera dimensión.

Con luz no podemos ver el origen del cosmos, solamente podemos observar el universo desde que tenía 379 mil años en adelante; mientras que las ondas gravitacionales se propagan desde el origen del cosmos y son transparentes a todo lo que pasó después. ¿Por qué las ondas gravitacionales son mejores para ver el origen del universo? De acuerdo a las teorías actuales, antes de cumplir los 379 mil años, el universo era tan caliente que toda la materia estaba en forma de plasma; y este no deja pasar la luz. Las auroras boreales y australes son hermosas figuras de plasma en el cielo, pero no podemos ver las estrellas detrás de ellas; mientras que el plasma sí es transparente a las ondas gravitacionales.

Mi impresión es que estamos en una era de avances espectaculares, me imagino que estamos como Heinrich Herz en el siglo XIX hablando de ondas electromagnéticas hace más de 100 años y hoy tenemos teléfonos celulares. Me puedo entonces imaginar que en un siglo podremos enfocar una galaxia en ondas gravitacionales y ver bien su materia oscura, o la energía oscura de un cúmulo de galaxias, o el momento mismo de la creación. Así es la perspectiva que se abrió con este evento: la era de la Gravitoastronomía ha iniciado. ☺

EL ENIGMÁTICO NÚMERO



Rocío Rosas Escamilla

Estudiante de doctorado en el Programa Transdisciplinario en Desarrollo Científico y Tecnológico para la Sociedad (DCTS)
rrosas@cinvestav.mx

Pi (π) viene del griego *periphēreia* (perímetro) y fue tomado para expresar la constante que relaciona el perímetro de una circunferencia con la amplitud de su diámetro¹. Además, es un número irracional que contiene una infinidad de cifras decimales; también es trascendente y no es necesario resolver una ecuación para obtenerlo. El símbolo que lo caracteriza fue usado por primera vez en 1706 por el matemático galés William Jones y popularizado por el suizo Leonhard Euler, en su obra *Introducción al cálculo infinitesimal* de 1748².

Sin embargo, el concepto del número π viene de mucho tiempo atrás y su importancia radica en que se trata de un valor relacionado con una figura trascendental para la humanidad: el círculo. Antes de la invención de la rueda, el hombre debe haber identificado esta forma en el sol, la luna, los ojos, algunas flores³, y ya que esta noción siempre ha estado presente en la humanidad, no es de extrañar que la curiosidad del hombre lo llevara a identificar las diferentes longitudes que pueden estar contenidas en un círculo.

La historia de este famoso número, así como los diversos valores que le han sido asignados y los esfuerzos por obtener una cifra cada vez más exacta, llevó a los matemáticos a buscar un mayor número de decimales después del número 3:

- En el antiguo Egipto se le dio el valor de $4(8/9)^2$, descrito en el papiro *Rhind*, que resulta en $256/81$, aproximadamente 3.16.
- En Mesopotamia los babilonios utilizaban el valor $3.125 (3+1/8)$.
- En la Biblia existe una referencia a esta razón, la cual daba como resultado 3^4 .
- El matemático griego Arquímedes lo calculó en el siglo III a.C., a través del método exhaustivo: hizo uso de polígonos regulares inscritos y circunscritos en una circunferencia, calculó el perímetro de dichos polígonos y el área del círculo, quedando acotados los valores. A medida que aumentó el número de lados de los polígonos (llegó a hacerlo con polígonos de 96 lados) la diferencia en las medidas se acortó, obteniendo un número con una precisión entre 3.1407 y 3.1428.
- En el siglo II d.C., el astrónomo Ptolomeo utilizó polígonos de hasta 720 lados y una circunferencia de 60 unidades de radio para aproximarse un poco más y obtuvo 3.14166.
- En China, en el siglo III, el matemático Liu Hui utilizó polígonos de hasta 3 mil 72 lados para

conseguir el valor de 3.14159; a finales del siglo V, el matemático Zu Chongzhi dio como valor aproximado 3.1415929.

- En la India existen unos documentos llamados *Siddhantas* que datan del año 380 d.C., en los que se le da el valor $3+177/1250$, que es exactamente 3.1416. Hacia 1400, el matemático Madhava consiguió calcular 11 cifras decimales 3.14159265358.

- En el siglo XV, el matemático persa Ghiyath al-Kashi utilizó el método de Arquímedes para obtener el valor 3.14159265358979⁵

- Para el siglo XII, el uso de cifras arábigas facilitó la obtención de mejores cálculos. A partir del método de Arquímedes, los matemáticos Fibonacci, Viète y Adriaan van Roomen lograron una mayor precisión en los dígitos decimales, pero fue Ludolf van Ceulen quien consiguió una aproximación de 35 cifras decimales⁶.

William Oughtred fue el primero en emplear la letra griega π como símbolo de este cociente, aunque fue William Jones quien lo popularizó en 1706 y finalmente Leonhard Euler, al adoptarlo en 1737, lo convirtió en la notación habitual que se usa hasta la fecha. Sin embargo, hubo otros trabajos de cálculo con los que se obtuvieron más números decimales, algunos con errores, pero la cacería de decimales tomaría proporciones inimaginables.

Después de trabajar en π durante casi 20 años, el matemático aficionado William Shanks obtuvo en 1873 una serie de 707 decimales. En 1944, D. F. Ferguson encontró un error en la posición decimal 528 de dicha serie, a partir del cual los dígitos posteriores eran erróneos. Tres años después, Ferguson lo recalculó y obtuvo 808 decimales con la ayuda de una calculadora mecánica.

En 1949 comenzaron a utilizarse los ordenadores electrónicos, con lo que dio inicio la Edad Moderna, empezaron a desarrollarse programas para el cálculo de π con la mayor cantidad de cifras posibles, obteniéndose en ese mismo año un valor de 2 mil 37 cifras decimales en tan solo 70 horas.

De manera paulatina fueron batiéndose más récords y, en 2009, se hallaron más de dos billones y medio de decimales de π mediante el uso de una supercomputadora T2K Tsukuba System, en 73 horas y 36 minutos. π es un número trascendente e irracional con millones de decimales. Calcularlos ha sido (y lo sigue siendo) una ardua empresa, tan bella como inútil, aunque esencial en la actividad del hombre⁷.

Más allá de los decimales, este sencillo símbolo tiene aplicaciones en matemáticas, en física y hasta en ingeniería, aquí se presentan sólo algunas de ellas:

- En **geometría**, para obtener volúmenes, circunferencias y áreas.
- En **probabilidad**, con la aguja de Buffon.
- En **análisis matemático**, la fórmula de Leibniz, Euler, Gauss.
- En **física**, para la constante cosmológica, principio de incertidumbre de Heisenberg, ley de Coulomb y tercera ley de Kepler.
- En **poesía**, como el escrito por Manuel Golmayo⁸, con un método para recordar las primeras 20 cifras de π , asignando a cada palabra el número de letras correspondiente a la cifra:

Soy y seré a todos definible;

Mi nombre tengo que daros;

Cociente diametral siempre inmedible

Soy, de los redondos aros.

El número al que representa este poema es: 3.1415926535897932384

π es el número irracional y constante matemática más famosa de la historia, objeto de concienzudos estudios en la antigua Grecia y Medio Oriente, principalmente. Se volvió muy minucioso el número de sus decimales con la invención de las computadoras, las que probaban su eficiencia verificando cuántos decimales se obtenían como resultado y en cuánto tiempo se lograba hacerlo.

Sin embargo, lo importante del concepto y valor de π es su aplicación en las matemáticas; estar relacionado con la circunferencia le hace estar presente en la geometría, principalmente, aunque se extiende a la física y la ingeniería. 

Referencias

- Web: http://www.profesorenlinea.cl/matematica/Numero_Pi.htm, visitada el 5 de mayo de 2013; y <http://centros5.pntic.mec.es/ies.de.bullas/dp/matema/conocer/numpi.htm>, visitada el 19 de abril de 2013
- Web: http://www.profesorenlinea.cl/matematica/Numero_Pi.htm, visitada el 19 de abril de 2013
- Beckmann, P. (2006) Historia de π , México, Conaculta, p. 19.
- Idem, pp. 21-24.
- Vallejo, F. (2010) El número π (pi): sus aplicaciones y didáctica en la ESO, en *didact@21 Revista Digital: Reflexiones y Experiencias Innovadoras en el Aula*, No. 21.
- Web: http://es.wikipedia.org/wiki/N%C3%Bame-ro_%CF%80, visitada el 20 de abril de 2013
- Web: <http://www.sociedadelainformacion.com/fisica/pi/pi.htm>, visitada el 25 de abril de 2013
- Web: <http://www.juegosdepalabras.com/mnemos/mnemos1.htm>, visitada el 4 de mayo de 2013

EL OBSERVADOR DE PÁJAROS



Jesús Carlos Ruiz Suárez
Cinvestav Unidad Monterrey
cruiz@cinvestav.mx

La prodigiosa ave que había ido a buscar al Algonquin Park de Ontario, Canadá, emergió de pronto frente a sus ojos como si fuera una burbuja oscura y con vida. ¡Qué suerte la suya! De los más de dos mil lagos que el parque nacional tenía; grandes, medianos, pequeños, redondos, alargados, poco y muy profundos, había elegido al azar aquel que le regalaba una de sus más grandes dichas. El colimbo no llegaba del aire para posarse sobre la superficie del agua como era de esperarse, surgía de sus mismísimas entrañas, de la profundidad helada y negra que sólo un pájaro como ese era capaz de soportar. Pensar que el hermoso animal buceaba segundos antes a 60 metros de profundidad lo estremecía de pies a cabeza, lo hacía quedar maravillado por una naturaleza que no podía comprender. Ante sus ojos tenía a la más hermosa y

habilidosa de las aves; capaz de volar, nadar, bucear, caminar y cantar como si la estuvieran hiriendo en lo profundo del alma.

El colimbo giró la cabeza hacia la canoa que se balanceaba suavemente a menos de cinco metros de distancia y clavó sus ojos rojos en ella para indagar si corría peligro. No vio amenaza alguna. Era un colimbo grande, macho, joven y con un color tan brillante que a la luz quebrada de la mañana parecía una efigie tallada en una piedra de pedernal. Atenazado en su pico largo y agudo, un lucio de buen tamaño agonizaba. El ave decidió ignorar la canoa y se aprestó a desayunar.

La mañana era fresca y brumosa, la mitad del cielo estaba cubierta por nubes que arañaban suavemente las puntas de los pinos más altos. Decenas de aves iban y venían de un lado a otro, en un libre albedrío que era la definición misma de la vida silvestre. Moscos, abejas, mariposas y libélulas pasaban sobre su cabeza.

El colimbo apenas se inmutaba cuando algún somormujo o mérgulo aterrizaba con suavidad en el territorio cercano a él. Eran tan pequeños que las olas que producían no le importunaban.

Los rabihorcados, alcatraces, esmerejones, vireos y muchas otras especies de aves que vivían en el parque, cruzaban de una orilla del lago a la otra, como si compitieran en un concurso de vuelo libre. Era una fiesta aérea que se desarrollaba en el amplio cielo del bosque.

La única pieza fuera de lugar en la hermosa escenografía era la canoa de abedul de dos metros de largo con un hombre recostado dentro. Más bien agazapado. El hombre vestía un pantalón caqui, una camisa de cuadros verdes y un chaleco de cazador. Parecía conocer muy bien lo que hacía ahí dentro, pues era claro que podía mantenerse en un estado de inmovilidad por horas, esperando a que la generosidad de la suerte le obsequiara el regalo que sus ojos deseaban. Un regalo llamado pájaro exótico, pájaro elusivo, colimbo, *Gavia Immer*.

Esperar, para un observador de aves, es una virtud esencial. Es un arte que se cultiva en silencio, en paz, en armonía, en comunión con la más profunda de las necesidades humanas: la caza. De todas las criaturas del mundo, las aves son las más preciadas de las conquistas. Porque observar es cazar. El ave que se posa inesperadamente en la copa de un árbol, en una piedra, en un tronco tirado en la playa, en la cima de un tejado, en la superficie de un lago, es la presa que ata irremediablemente al hombre con la tierra y que le da sustento a sus sueños de libertad. Esto podría explicar porqué el hombre que se encontraba dentro de la canoa yacía ahí con la respiración en silencio, mirando a su presa como un niño a un caleidoscopio.

La libertad es temporal, dura lo que un suspiro y sólo se siente en un instante. Viene y se va, tal como un ave. No es la primera vez que decidía visitar a uno de los más bellos pájaros del continente americano; altivo, solitario, audaz, un pájaro que tiene las capacidades que nadie posee y que, por tal razón, es único y prodigioso.



Fotografía: Academy of Achievement

El observador de aves, después de pasarse dos horas viendo por un agujero en el costado de la canoa, quieto y en silencio, yace, ahora que vio a su amigo canadiense, boca arriba con los ojos cerrados. Piensa, quizás, en lo que lo ha traído hasta acá. En la razón insignificante por la que intempestivamente invitó a su esposa a volar a Toronto. Pensar en tal razón le duele en todo su orgullo, a pesar de que ese esqueleto incorpóreo es tan denso que pocas veces cruje. No puede creer que apenas hace un par de días se distraía en el internet navegando como niño, perdiendo el tiempo, pensando en nada, cuando

Murray Gell-Mann y su primera esposa Margaret Dow de visita en las montañas de San Gabriel, California

de pronto leyó un texto que lo hizo tambalear. Lo leyó dos, tres, cuatro veces y no pudo reprimir el impulso de decirle a su esposa que estaba en una habitación contigua:

–Marcia, hay un viejo amigo que quiero saludar. De pronto me entraron ganas de verlo. Vive en los lagos de Ontario, ¿me acompañas?

Marcia nunca hacía preguntas cuando la idea de salir a un lugar lejano brotaba de improviso de la mente de su esposo, pues sabía perfectamente lo que significaba la invitación: ella se hospedaría en un hotel de una ciudad cercana, Toronto en este caso, mientras su marido se perdía en el bosque para buscar a quien de pronto, por algún resorte que le soltaba una ansiedad incomprensible para ella, le llamaba con urgencia. Estaba acostumbrada a esas invitaciones imprevistas. De hecho, no sólo estaba acostumbrada, sino preparada en todo momento a partir cuando la invitación llegaba. Además, estaba convencida de la importancia de aceptar al instante, pues algo en el interior le decía que era lo correcto. Que alguien tan connotado y respetado tuviera ese tipo de necesidades era de admirarse y le causaba una mezcla de ternura y respeto. De las casi 11 mil especies de aves del planeta, ese hombre que entró en su vida a una edad tardía, cuando el amor se mide en horas de compañía, había visto y fotografiado más de tres mil. ¡Tres mil aves! Verlas y

reconocerlas en una vida es un portento de energía, de lucidez, de entusiasmo. Así que aun cuando tuviera que acompañarlo a África, la Patagonia o a la más profunda de las selvas del Ecuador, algo que por lo demás ya había hecho, ella haría la maleta sin reparo alguno.

–Claro que voy contigo. Puedo hospedarme en Toronto, meterme a una librería, hojear, disfrutar y comprar libros. O ir a tomar un café con mi amiga Anne Carson. ¿La recuerdas?

–Ah, sí, tu amiga poeta vive allá, le escuchó decir.

–Acaba de recibir el premio Pushcart y seguramente le dará gusto que la visite.

Murray Gell-Mann y Marcia llevaban cinco años de casados y las más de las veces solían viajar de esa forma, sin ningún plan de por medio. Cuando él tenía esos “llamados de la naturaleza” y algo dentro lo impulsaba a perderse en el vasto remanso de bosques o selvas para observar aves o fieras, ella acoplaba su vida al plan. No tenía más para ella que ser feliz acompañándolo a donde quisiera ir, así fuera inesperada la invitación o descabellada la idea. Un hombre mundialmente famoso que ya había logrado lo que otros jamás soñarían obtener y que tenía como meta observar a cuatro mil pájaros antes de morir, era la pareja ideal para alguien como ella, que en cualquier lugar del planeta podía estar bien.

El colimbo grande (*gavia immer*) vive entre 15 y 20 años. Habita en lagos de agua dulce y clima frío. Llega a pesar hasta 5 kilos y alcanza una envergadura de metro y medio



Fotografía: Sociedad de Fotografía Animal

La ansiedad que impulsó a Murray Gell-Mann a buscar al colimbo no la compartió con su esposa, pues más que ansiedad era vergüenza. Su mente requería reposo para la reflexión, soledad para la introspección, pues en la dicha que se obtiene cuando se busca lejos de la civilización a un espécimen bello y extraño tales necesidades cristalizan. Necesitaba aliviar el interior de su alma, pues un ardor se la había carcomido inesperadamente al leer una de las críticas más feroces que hubiera recibido su libro *El Quark y el Jaguar*. La crítica, subida al sitio de libros de Google, estaba firmada por una persona desconocida, pero era contundente: *Mientras viajaba en un país de Sudamérica, el profesor Gell-Mann escribe en su libro que vio un yaguarundi; y que le sedujo el hecho de que el felino fuera tan diferente a un quark. ¡Qué comparación tan inoportuna, por no decir impertinente! Ese gato es un animal que consiste en órganos, compuestos por tejidos, células, organelos, proteínas, moléculas, átomos, electrones, nucleones y quarks. En ese orden. Y todo los quarks son los mismos, pero cada yaguarundi es diferente. El comportamiento de un quark es predecible, tanto como es predecible cualquier partícula en la mecánica cuántica. El felino no lo es pero se adapta a su ambiente, mientras que el quark no lo hace. ¿Para qué compararlos entonces? ¿A qué lector quiere sorprender? Se admite que los laureados con el premio Nobel son sujetos muy inteligentes, ¿pero para qué escribir un libro de 400 páginas que nada enseña y sólo es un regodeo al ego?*

Debatirse entre el sinsabor profundo que produce el duro golpe de una crítica tan ácida y la honesta aceptación de tan puntual detección, requiere de la soledad en un paraje lejano. Lejos de todo y hasta de uno mismo. Escapar del pensamiento, huir de la razón, encontrar en la quietud del reino salvaje la única materia que alivia la vergüenza. Otros se embriagan, a otros les asalta la ira o depresión. Él se esconde en tierra de nadie para hablar con pájaros. Sabe perfectamente que su libro es un tratado de todo, es decir, de nada; más ambicioso que certero, un tratado pretencioso de temas disímiles. La fuerza que empleó para escribirlo y el cansancio intelectual que le quedó, nunca fueron reconfortantes. Él, que jamás superó el trauma que le dejó su padre, culpable, con todas las letras, de su incapacidad para escribir, no era apto para tal reto. El terror que lo paralizó al llenar cada una de las hojas en blanco, sintiendo la quijada inquisitiva de su progenitor sobre los hombros, era la castración más abominable que se pueda sentir en la edad adulta. ¿De qué ridícula capacidad de adaptación escribió, como si fuera experto en carne propia, en ese libro que le costó el sueño de varios años? Un niño aterrorizado por una exigencia paterna, producto de complejos incomprensibles, ¿ya no puede olvidar, sanar o desterrar los miedos que lleva a cuestas? ¿Cómo es posible que un padre muerto domine la mente de un hombre que ha entrado a la historia como él

lo ha hecho? Una persona con uno de los más altos coeficientes intelectuales del planeta, articulada, políglota, versátil, culta, premiada, respetada, temida, ¿mediocre en algo tan simple? Muy pocos saben de sus inseguridades y casi nadie sabe de sus miedos enterrados bajo su grandeza. El niño que a los siete años leyó completo a *Finnegans Wake* de James Joyce, libro que sólo un puñado de seres humanos en el mundo entero dicen comprender, que se doctoró a los 21 años, que recibió el premio Nobel por comprender las interacciones fuertes y débiles de la materia, el padre de los quarks que descubrió las reglas microscópicas del universo temprano, ¿no puede superar el terror al enfrentarse a una hoja en blanco? Si una persona con menos talento fue capaz de escribir letra por letra la *Historia del Tiempo*, ¿dónde queda él en uso de todas sus facultades?

Murray Gell-Mann recorre lentamente el cielo con una mirada acuciosa, experimentada por años de labor de ornitólogo. Sigue el lento peregrinaje de las nubes que poco a poco cambian de forma por los roces del aire, como cambian sus propias nubes de pensamientos. El tiempo es como el viento que los dispersa, difumina el recuerdo de su primera esposa muerta por un cáncer insensato, despeja la angustia mortal por distanciarse durante diez años de sus hijos, borra las amistades perdidas y los sabores amargos de las disputas académicas con su colega Richard Feynman. Mira su reloj: las 11 de la mañana. Ya es hora de partir, ya se siente mejor. Se incorpora, toma asiento y empieza a remar hacia la orilla del lago. Las estelas suaves balanceándose sobre el agua le dicen adiós. ☺



Fotografía: Efrén Díaz



Comentarios del lector

Reciba todo el equipo de AyP mis calurosas felicitaciones por el número reciente de la revista (número 3). Fue muy emocionante encontrarnos con la revista en papel otra vez y con una tremenda calidad conceptual e impacto de divulgación. Hago votos para que este esfuerzo tenga continuidad.

Quiero mencionar que me gustó mucho la reseña sobre la conjetura de Kepler que escribió mi alumna de doctorado Lilián Domínguez-Montero. Dejó muy claro cómo un problema práctico del siglo 15 o 16, relacionado con los barcos de guerra, empuja al estudio, a la búsqueda y desarrollo de soluciones, proceso que todavía llega a estos días con el concurso de la informática y las matemáticas superiores, a pesar de que los barcos, balas y cañones que motivaron los estudios ya han desaparecido.

(carta resumida)

Héctor Poggi-Varaldo

Xóchitl Vargas

Estudiante

Me parece una excelente propuesta la revista impresa de AyP, pero quisiera preguntar ¿por qué no llega a los estudiantes del Cinvestav?

ACLARACIÓN

Con la finalidad de que la revista se comparta entre la comunidad del Centro, la versión impresa puede ser consultada en puntos de distribución en el Cinvestav, ubicados en la cafetería, las bibliotecas, la Subdirección de Intercambio Académico y en la coordinación académica de cada departamento.

Si no tienes la oportunidad de conseguirla o consultarla en papel te invitamos a visitar su versión digital.

El equipo editorial de la revista *Avance y Perspectiva* lamenta el fallecimiento de la señora Celia Corral Arostegui, madre de Gerardo Herrera Corral, editor de esta publicación

¿Tienes opiniones o sugerencias sobre *Avance y Perspectiva*?

Escríbenos a revista@cinvestav.mx

Los comentarios enviados no deberán exceder de mil caracteres con espacios.

¿Deseas colaborar en nuestra revista?

Consulta los lineamientos en <http://bit.ly/217ISba>



Visita nuestra página web
avanceyperspectiva.cinvestav.mx

**Y síguenos en
nuestras redes sociales**

 RevistaAvanceyPerspectiva  @revistaayp

 revista@cinvestav.mx  AvanceyPerspectiva

 avanceyperspect/

SALIDA DEL SOL

EN LAS COLINAS NANOESTRUCTURADAS



Imagen: Angélica Hernández

Fragmento de la imagen que obtuvo el primer premio del concurso Arte AVS Zona 62 con la recreación de un amanecer en un paisaje montañoso y desértico, que en realidad es la superficie en tercera dimensión de una nanoestructura de antimoniuro de indio después de ser irradiado con iones de oxígeno con carga positiva, la cual fue obtenida con un microscopio de fuerza atómica, y a la que posteriormente se incorporó un fondo con la salida de sol.

LA QUÍMICA DESDE OTROS ÁNGULOS

Un abordaje de esta ciencia desde la perspectiva de otras disciplinas

Los productos y el conocimiento de la química están en todas las facetas de la vida diaria: el neopreno en las fundas de las tabletas; los recipientes y bolsas de polietileno en el supermercado; las superficies de policarbonato en los autos y bicicletas o en las marañas de tuberías de polícloruro de vinilo (PVC) dentro de las edificaciones.

La química también nos permite explicar otros asuntos no tan cotidianos, como la formulación de drogas de diseño y sus efectos en el cerebro, la formación de las capas geológicas de la Tierra, la estructura interna de galaxias, nebulosas y estrellas así como el origen de los seres vivos en nuestro planeta.

Esta perspectiva es el eje rector del conjunto de 11 ensayos que integran el libro *La química, el funcionamiento del universo, los seres vivos y las actividades humanas*, editado por El Colegio Nacional y coordinado por Eusebio Juaristi Cossío, investigador del Departamento de Química del Cinvestav y la arqueóloga de la UNAM, Linda Rosa Manzanilla Naim.

Este libro, que fue escrito en lenguaje coloquial y sin fórmulas ni ecuaciones para facilitar su lectura a todo tipo de público, es fruto de un simposio realizado en El Colegio Nacional en 2015, en el cual se convocó a reconocidos académicos para que hablaran sobre la relevancia y aplicaciones de la química.

Por esta razón, la obra integra ensayos de expertos de muy variados campos del conocimiento: desde la biología, la medicina y la geofísica hasta la astronomía, la arqueología y la psicología. Entre los autores figuran el propio Eusebio Juaristi –ex presidente de la Sociedad Americana de Química– el capítulo titulado *Algunas contribuciones de la química en beneficio de la sociedad*.



También participa Adolfo Martínez Palomo, investigador emérito del Departamento de Infectómica y Patogénesis Molecular del Cinvestav, quien en otro capítulo reflexiona, a través de la vida y obra de músicos famosos, la relación de este arte con la química.

La obra fue revisada por dos investigadores del Departamento de Química del Cinvestav: Rosa Luisa Santillán y Armando Ariza Castolo, quienes participaron junto con Juaristi y Manzanilla en la presentación realizada en febrero pasado en el marco de la XXXVII Feria Internacional del Libro del Palacio de Minería.

Escritos con sencillez y amenidad, pero sin perder rigor, los ensayos que forman el libro permiten una aproximación lúdica al mundo de la química sin necesidad de conocer mecanismos de óxido-reducción o complejas estructuras poliméricas, por lo cual resultan ideales para la divulgación, sobre todo entre jóvenes estudiantes de nivel básico. ☺

Juaristi, Eusebio y Linda R. Manzanilla, coordinadores. 2015. *La química: el funcionamiento del universo, los seres vivos y las actividades humanas*. Editado por El Colegio Nacional.

Visita nuestro
sitio web desde
cualquier dispositivo
y disfruta cada mes de

artículos exclusivos, blogs, galerías,
videos, podcasts y materiales de archivo



www.estepais.com

COLOQUIO CINVESTAV

AUDITORIO
ARTURO ROSENBLUETH

PRIMER MIÉRCOLES
DE CADA MES

55

Años

1961 • 2016

11:30 A.M.