



JUNIO  
DE 2016

# Gaceta Biomédicas

Órgano Informativo del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM



Año 21 Número 6  
ISSN 1607-6788



Imagen: Células de tumores de colon en ratón. Grupo de investigación de Eduardo García Zepeda.

## Simposio *Cancer immunology*

Pág. 6

100  $\mu$ m

7<sup>a</sup> Reunión Anual  
de los alumnos de la LIBB

Pág. 3

X Curso Institucional  
de Microscopía Confocal  
y Estereología

Pág. 8



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

Rector

**Dr. Enrique Luis Graue Wiechers**

Secretario General

**Dr. Leonardo Lomelí Vanegas**

Secretario Administrativo

**Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez**

Coordinador de  
la Investigación Científica

**Dr. William Lee Alardín**

Directora del IIB

**Dra. Patricia Ostrosky Shejet**



Directora y Editora

**Lic. Sonia Olguin García**

Editor Científico

**Dr. Edmundo Lamoyi Velázquez**

Corrector de Estilo

**Juan Francisco Rodríguez**

Reportera

**Keninseb García Rojo**

**Gaceta Biomédicas**, Órgano Informativo del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM. Es una publicación mensual, realizada por el Departamento de Prensa y Difusión del IIB. Editores: Sonia Olguin y Edmundo Lamoyi. Oficinas: Segundo piso del Edificio de Servicios a la Investigación y la Docencia del IIB, Tercer Circuito Exterior Universitario, C.U. Teléfono y fax: 5622-8901. Año 21, número 6. Certificado de Licitud de Título No. 10551. Certificado de Licitud de Contenido No. 8551. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo 04-2002-073119143000-102 expedido por la Dirección General de Derechos de Autor. ISSN 1607-6788 en trámite. Tiraje de 5 mil ejemplares en papel couché de 130g, impresión Offset. Este número se terminó de imprimir el 29 de junio de 2016 en los talleres de Navegantes de la Comunicación, S. A. de C. V. Pascual Ortiz Rubio 40. Col. San Simón Ticumac, Delegación Benito Juárez CP. 03660, México, D.F.

Información disponible en:

[http://www.biomedicas.unam.mx/buscar\\_noticias/gaceta\\_biomedicas.html](http://www.biomedicas.unam.mx/buscar_noticias/gaceta_biomedicas.html)

Cualquier comentario o información, dirigirse a: Sonia Olguin, jefa del Departamento de Prensa y Difusión, correo electrónico:

[gaceta@biomedicas.unam.mx](mailto:gaceta@biomedicas.unam.mx)

Las opiniones expresadas en los artículos son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente el punto de vista de la Institución. Prohibida la reproducción total o parcial del contenido por cualquier medio impreso o electrónico, sin previa autorización. Ni el Instituto ni la **Gaceta Biomédicas** recomiendan o avalan los productos, medicamentos y marcas mencionados.

# Contenido

JUNIO, 2016

7ª Reunión Anual  
de los alumnos de la LIBB

3

Simposio *Cancer immunology*

6

X Curso Institucional  
de Microscopía Confocal y Estereología

8

Consulta ediciones anteriores  
usando nuestro código QR:



O a través de este enlace:

[www.biomedicas.unam.mx/  
buscar\\_noticias/gaceta\\_biomedicas.html](http://www.biomedicas.unam.mx/buscar_noticias/gaceta_biomedicas.html)

IMECAs, polución del aire y efectos  
sobre el sistema inmune

10

Obesidad, hipertensión y diabetes

12

Canal TRPV1:  
¡Quema, pica, duele!

14

Red Biomédica  
Un enfoque histórico del cómputo  
y la programación

16

**Defensoría de los Derechos  
Universitarios**

Estamos para atenderte, orientarte e  
intervenir a favor de los derechos universitarios,  
de estudiantes y personal académico.

[www.ddu.unam.mx](http://www.ddu.unam.mx)  
[ddu@unam.mx](mailto:ddu@unam.mx)

Teléfonos: 5622-6220 y 21, 5528-7481  
Lunes a Viernes  
9:00 a 15:00 y de 17:00 a 20:00



Los doctores Jaime Martuscelli, Carmen Gómez, Javier Espinosa y Alejandro Zentella, profesora y ex coordinadores de la LIBB

## 7ª Reunión Anual de los alumnos de la LIBB

### Anaí Palacios y Sonia Olguin

Durante el mes de mayo pasado se celebró la 7ª Reunión Anual de los Alumnos de la Licenciatura en Investigación Biomédica Básica, evento organizado por un comité integrado por estudiantes y la Secretaría Técnica de la licenciatura con el fin de que los alumnos adquieran habilidades de comunicación científica, den a conocer los avances de sus líneas de investigación e incrementen la interacción entre ellos y sus tutores.

En la inauguración del evento, la doctora Patricia Ostrosky Shejet, directora del Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIB), dijo que la licenciatura ha sido parte integral del Instituto, que cumple 75 años.

“Ser estudiantes de esta carrera es un privilegio, y ustedes deben estar muy satisfechos de pertenecer a ella”, expresó.

Asimismo, el doctor Julio Morán Andrade, secretario académico del Instituto de Fisiología Celular y en representación de la doctora Marcia Hiriart, señaló que la Licenciatura en Investigación Biomédica Básica (LIBB) ha graduado a excelentes investigadores que ahora se hallan en los laboratorios de investigación, “lo que demuestra que es un proyecto que funciona”.

Por su parte, el doctor Rafael Camacho Carranza, coordinador de la LIBB, felicitó a los organizadores de la reunión, asegurando que ésta les “permite ver otras líneas de investigación y discutir sus te-

mas”. Además, dijo sentirse preocupado por la poca participación que varios de los aspirantes a integrarse a la LIBB arrastran de ciclos escolares previos, por lo que invitó a los estudiantes a unir esfuerzos para impulsar la licenciatura con “trabajo e interés, en mantener su alto prestigio, difundir su modelo educativo y apoyar a sus compañeros de nuevo ingreso”.

En la modalidad de seminario los alumnos Andrea Sánchez, Fabiola Duarte, Ricardo Martínez, Adrián Rojas, Alexander Pommer y Eliab Olivares presentaron sus avances de investigación, de rotación y tesis, correspondientes a diferentes campos de la investigación biomédica.

[Continúa Pág. 4 >](#)



Alumnos durante la exposición de carteles

En la reunión, el doctor Fabián Flores-Jasso, del Instituto Nacional de Medicina Genómica (INMEGEN), presentó su ponencia "Estudios del RISC y MicroRNAs, molécula por molécula", en donde detalló las investigaciones más importantes en el tema. Dijo que en su laboratorio se está tratando de explicar cómo es que encuentra a su blanco la proteína Argonau-ta —que se asocia con los ARN pequeños para formar complejos de silenciamiento inducidos por ARN, conocidos como RISC por sus siglas en inglés—. Aseguró que los estudios de los microRNAs podrían ayudar a identificar biomarcadores para padecimientos como el cáncer y la enfermedad de Parkinson.

Para finalizar, se dijo orgulloso de ser un egresado de la LIBB e invitó a los estudiantes de la licenciatura a unirse a su laboratorio, aunque no existen las rotaciones con el INMEGEN.

Como invitado cultural, el doctor Rafael Ángel Barrio, del Instituto de Física, presentó su conferencia *Física y música* en donde expuso la relación entre esas dos áreas. "La música se compone de sonidos y éstos no son más que ondas longitudinales", dijo. También bromeó con respecto a la función de las ciencias y disciplinas: "la única función que tiene un físico es convencernos de que el mun-

do existe; la función de la matemática es quitarle a otro la oportunidad de opinar".

Posteriormente, los alumnos participaron en la exposición de carteles en los que dan a conocer sus proyectos y avances de investigación.

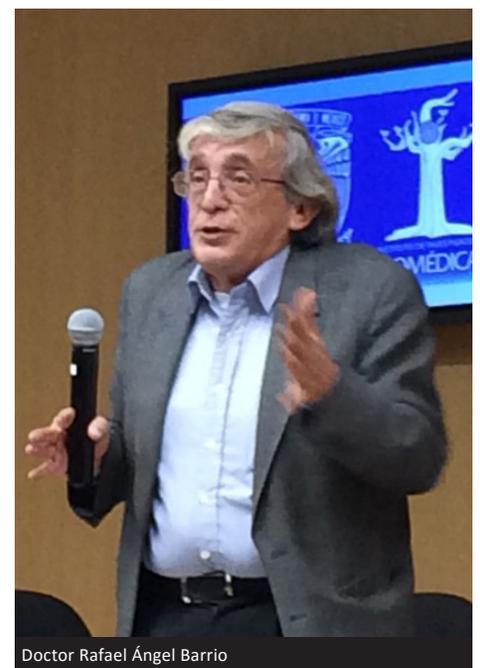
Por la tarde se llevó a cabo la mesa de diálogo *El papel del IIB en la creación y desarrollo de la LIBB* con la participación de los doctores Jaime Martuscelli, su primer coordinador, Carmen Gómez profesora de la licenciatura, así como Javier Espinosa y Alejandro Zentella ex coordinadores de la LIBB.

El doctor Jaime Martuscelli, recordó que las primeras clases empezaron el 29 de abril de 1974. También se dijo que uno de los principales objetivos para crear la LIBB era acortar la brecha de investigación entre México y el mundo. Además, se recapituló los esfuerzos administrativos y académicos para la creación de esta licenciatura.

El doctor Martuscelli mencionó que nunca en la historia de la Universidad había habido una licenciatura de investigación hasta que fue creada la LIBB. Comentó que la idea del doctor Jaime Mora, al proponerla, era aprovechar la creatividad de los jóvenes entre los 18 y 23 años para poder despertar tempranamente en los ellos sus aptitudes de búsqueda

para el avance en el conocimiento de la naturaleza.

Fue así que en 1972, siendo rector Pablo González Casanova, el doctor Jaime Mora convocó a un grupo de investigadores de Biomédicas que compartían estas ideas y que estaban dispuestos a luchar por un proyecto novedoso sin ningún antecedente en la docencia universitaria. Este grupo estuvo conformado por Mario



Doctor Rafael Ángel Barrio



Estudiantes durante la reunión



Castañeda, José Negrete, Rafael Palacios, y él, después se fueron sumando al proyecto Silvia Galván, Ruy Pérez Tamayo, Carlos Larralde y Kaethe Willms.

En el 72 se empezaron todas las gestiones para el diseño de la licenciatura y ya siendo rector el doctor Guillermo Soberón se aprobó su creación. El doctor Martuscelli fue el primer coordinador de la licenciatura.

Por su parte, la doctora Carmen Gómez les recordó a los estudiantes el objetivo de la licenciatura, que es formar jóvenes investigadores con liderazgo académico en investigación de frontera.

A manera de reseña histórica presentó la participación del IBB en la LIBB desde su creación hasta el año 2003. Comentó que hubo dos periodos en los que la única sede de la licenciatura fue Biomédicas, de 1974 a 1980, y de 1990 a 1997.

Agregó que al fundarse el Centro de Fijación de Nitrógeno, la licenciatura tuvo una pérdida importante de tutores comprometidos, hecho que se repitió cuando se fundó el ahora Instituto de Biotecnología, con la diferencia que en esa ocasión se sumó el Instituto de Fisiología Celular.

Del 91 al 2001, dijo, fue una época difícil para la licenciatura, al desaparecer en 1996 la Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado (UACPyP) del Colegio de Ciencias y Humanidades a donde estaba inscrita, y un año después se tramitó su adscripción en la Facultad de Medicina.

Posteriormente se dio la huelga de abril de 1999 a febrero del 2000 en la que no funcionaba la comisión académica.

Después se formó una comisión para buscar la adscripción permanente de la LIBB a la Facultad de Medicina, lo cual se logró en julio del 2002.

"Esta comisión formada por Javier Espinosa, Juan Pedro Laclette, Carmen Gómez, Edmundo Lamoyi, Julieta Rubio y Guillermina Yankelevich trabajo de 2001 a 2003 de manera colegiada con la participación de la mayoría de los investigadores de Biomédicas para lo cual organizó la construcción de la historia de la LIBB, seminarios de diagnóstico y reuniones preconsejo", comentó la doctora Gómez.

Posteriormente el doctor Javier Espinosa, comentó a los alumnos que son realmente afortunados de pertenecer a la LIBB, cuya gestación y mantenimiento han pasado por momentos muy difíciles.

El doctor Espinosa hizo referencia al periodo 1990-2002 cuando fue coordinador de la LIBB, teniendo como meta principal legalizar su estancia en la Facultad de Medicina, para lo cual se desarrolló el programa.

Destacó que la LIBB fue la única que permaneció activa durante la huelga universitaria de 1999. En ese entonces participaron 45 aspirantes para ingresar a la LIBB y 37 de ellos hicieron un examen propedéutico, de los 18 que fueron aceptados 16 están titulados y dos tienen el 100 por ciento de créditos, por lo que se puede concluir que tuvieron un buen desempeño a pesar de las dificultades para ingresar a la Universidad

Durante su participación, el doctor Zentella, dijo que el IIB ha impreso sobre la licenciatura un modelo educativo

ecléctico que está basado en la relación tutor-alumno. El proyecto de la LIBB, "a pesar de los problemas que puede presentar, es exitoso, tanto que ya se han creado dos licenciaturas más a imagen y semejanza de ésta, la de ciencias genómicas y la de historia del arte".

En la clausura del evento, el público agradeció una jornada fructífera. [f](#)





Doctor Michael Karin

# Simposio *Cancer immunology*

Anaí Palacios

Como parte de los eventos conmemorativos del 75 aniversario del Instituto de Investigaciones Biomédicas, se celebró el simposio *Cancer Immunology* organizado por el doctor Alfonso León Del Río, coordinador del Programa de Investigación en Cáncer de Mama, y el doctor Eduardo García, presidente de la Sociedad Mexicana de Inmunología e investigador del IIB, el cual contó con la participación de los doctores Michael Karin, de la Universidad de California San Diego, en Estados Unidos, y Michelle Letarte, de la Universidad de Toronto, en Canadá.

Michael Karin advirtió que los cánceres promovidos por la obesidad están entre los más mortales

Durante su ponencia "Paying for Gluttony: Metabolic and Immune Mechanisms driving NASH (Non-alcoholic Steatohepatitis) and HCC (Hepatocellular Carcinoma)", el doctor Michael Karin dijo que la obesidad está asociada con distintos tipos de cáncer, entre ellos el de hígado. Advirtió que los cánceres promovidos por la obesidad se cuentan entre los más mortales, y se prevé que su incidencia se incremente hasta ser la causa número uno de muerte, sobre todo en países con altos índices de obesidad como Estados Unidos y México.

Explicó que, en condiciones saludables, los macrófagos del tejido adiposo (ATM) muestran un fenotipo antiinflamatorio, que se expresa proinflamatorio durante la obesidad. Estos ATM proinflamatorios inducen citocinas promotoras de tumores, entre las que se encuentran IL-6, TNF y IL-1 $\beta$ , como revelaron estudios en ratones.

Afirmó que el cáncer del hígado es uno de los más letales en el mundo, y 85 por ciento de los casos son carcinomas hepatocelulares. Investigando los mecanismos



Doctora Michelle Letarte

Foto: Nayeli Hernández

que participan en el desarrollo de este cáncer encontró que la proteína p62 tiende a acumularse en los pacientes con enfermedades hepáticas crónicas como la hepatitis, la fibrosis y la cirrosis; y que además ésta se asocia con el desarrollo de carcinoma hepatocelular.

Indicó que ha descubierto que p62 promueve la activación de factores muy relacionados con el cáncer, como el factor nuclear eritroide 2 (NFE2 o NRF2 por sus siglas en inglés); la proteína mTORC1 con funciones en la regulación del crecimiento, proliferación y muerte celular, y el gen c-Myc, capaz de regular la actividad de otros genes con acción sobre el crecimiento y la división de las células.

Por ello, analizar los niveles de p62 en el hígado ayudaría a diagnosticar el carcinoma hepatocelular cuando aún es resecable, disminuyendo así la probabilidad de muerte.

Por otro lado, la doctora Michelle Letarte expuso el papel de la endoglina (glicoproteína transmembranal que se expresa mayormente en células endoteliales y que se sabe regula respuestas a ligandos de la superfamilia TGF- $\beta$ , siendo responsable también del desarrollo y la función de propiedades vasculares y la homeostasis de estas células) en la formación de tumores.

Durante su conferencia “Endoglin (CD105): a TGF- $\beta$  Superfamily Co-receptor Implicated in Vascular Disorders and Tumor Angiogenesis” explicó que en condiciones normales la angiogénesis, o formación de vasos sanguíneos, es de corta duración debido a mecanismos precisos de control, mientras que la angiogénesis patológica persiste indefinidamente y provoca la formación excesiva o la generación insuficiente de vasos, además de malformaciones arteriovenosas.

La angiogénesis patológica contribuye al desarrollo y progresión del cáncer, inflamación crónica y enfermedades infecciosas. También, dijo que mutaciones en el gen de la endoglina provocan la enfermedad denominada telangiectasia hemorrágica hereditaria, que afecta a una de cada 10 mil personas en el mundo y se caracteriza por sangrado nasal y gastrointestinal, así como por malformaciones arteriovenosas en pulmón e hígado.

Señaló que el exceso circulante de endoglina soluble se asocia con tumores graves, como melanoma y cáncer de mama metastásico; además de ser indicador de mal pronóstico. Asimismo, altos niveles de endoglina en la membrana se asocian con angiogénesis tumoral, e igualmente son indicadores de un mal pronóstico.

En humanos el gen de la endoglina se ha localizado en el cromosoma 9, y explicó que se ha probado que evaluar la densidad microvascular de endoglina en busca de un pronóstico de cáncer es efectivo para el cáncer cervical, de mama, de esófago y de hígado.

Dijo que se ha descubierto que los anticuerpos anti-endoglina tienen efectos antitumorales, y habló de un anticuerpo monoclonal de gran afinidad contra la endoglina humana denominado TRC105. Este anticuerpo induce la apoptosis en las células que expresan endoglina, y actualmente es usado en pruebas clínicas para tratar varios tipos de tumores, que incluyen cáncer colorrectal y carcinoma hepatocelular, afirmó. 

---

Michelle Letarte  
señaló que el exceso  
de endoglina soluble  
está asociado con  
tumores severos  
y mal pronóstico

---

# X Curso Institucional de Microscopía Confocal y Estereología

Keninseb García

La Unidad de Microscopía del Instituto de Investigaciones Biomédicas realizó la décima edición del Curso Institucional de Microscopía Confocal y Estereología, en el que participaron aproximadamente treinta personas, entre estudiantes, técnicos académicos e investigadores de once instituciones del país.

A lo largo de cuatro días, en la edición de este año se abordaron los principios de las técnicas de microscopía de campo claro y fluorescencia, confocal, superresolución y estereológica, así como aspectos sobre la captura y el procesamiento de imágenes digitales y la reconstrucción de imágenes en tres dimensiones.

El curso, organizado por las Secretarías Académica y Técnica y coordinado por el doctor Miguel Tapia Rodríguez, responsable de la Unidad de Microscopía del IIB, contó con la presencia de los profesores invitados Julieta Mendoza-Torresblanca, del Instituto Nacional de Pediatría; Ana Cecilia Rivas, de Nikon México, y Adán Guerrero, del Laboratorio Nacional de Microscopía Avanzada de la UNAM, ubicado en el Instituto de Biotecnología.

En el módulo teórico del curso, la doctora Ana Rivas habló de la historia y los principios de la microscopía confocal y multifotón, además de algunos tipos de confocalidad, y mostró ejemplos de la aplicación de estas técnicas.

Al hablar de la microscopía de súper resolución, el doctor Adán Guerrero explicó las diferencias entre la microscopía confocal y otras técnicas como la microscopía de supresión por emisión estimulada (STED, por sus siglas en inglés) y microscopía de reconstrucción

óptica estocástica (STORM) que se utilizan para estudiar estructuras subcelulares porque pueden alcanzar resoluciones de hasta 20 nanómetros.

Por su parte, la doctora Julieta Mendoza expuso los principios de la estereología, sus ventajas y desventajas, y habló sobre los requerimientos específicos de las muestras histológicas para analizarlas mediante esa técnica. También brindó orientación sobre la elaboración de imágenes que serán publicadas en revistas especializadas.

El doctor Miguel Tapia habló de los principios de microscopía óptica y de fluorescencia, así como del software libre Image J, que se utiliza para el procesamiento de imágenes digitales.

Además explicó las características y aplicaciones del software Neurolucida®,

que se utiliza para la reconstrucción tridimensional de neuronas, y del software de visualización Amira®, con el cual pueden elaborarse modelos de realidad virtual a partir de muestras biológicas.

Para el módulo práctico seleccionaron a algunos participantes, quienes trabajaron con sus propias muestras de material biológico en los distintos equipos de la Unidad. En estas sesiones se realizó una práctica de manejo y cuidado de microscopios ópticos Köhler y de captura de imágenes con los microscopios confocales Zeiss LSM 5 Pascal y Olympus BX51-WI, con los que cuenta la Unidad de Microscopía.

También se realizó una práctica de estimación estereológica de área, volumen, longitud y número, y otra de reconstrucción 3D utilizando los paquetes de soft-



ware Stereo Investigator®, NeuroLucida® y Amira®.

Al final de las sesiones teóricas, las empresas patrocinadoras del curso ofrecieron demostraciones de sus equipos, en las cuales los participantes pudieron realizar pruebas de microscopía de campo claro, oscuro, contraste de fases y alineación Köhler.

Además de la organización de los cursos anuales, la Unidad ofrece servicios de microscopía a usuarios internos y externos, así como asesoría para la elección y el uso del microscopio más adecuado para las necesidades experimentales, análisis de imágenes y reconstrucción tridimensional, los cuales pueden solicitarse a través del teléfono 5622 9185 o el correo electrónico: [mtapia@biomedicas.unam.mx](mailto:mtapia@biomedicas.unam.mx) 



# IMECAs, polución del aire y efectos sobre el sistema inmune

M. en C. Ignacio Martínez,  
Departamento de Inmunología, IIB

En la novela *El ruido de las cosas al caer*, de Juan Gabriel Vásquez, puede leerse lo siguiente: ... el denso tráfico de la tarde progresaba lentamente... por delante de una buseta verde cuyas luces, recién encendidas, habían traído a la vida el polvo de la calle, el humo de un tubo de escape...<sup>27</sup>

En las grandes ciudades, las actividades diarias, que incluyen el funcionamiento de varios millones de autos y las actividades industriales, generan una serie de compuestos tóxicos y partículas suspendidas, que al mezclarse con el aire modifican la proporción de oxígeno disponible para respirar. Los efectos de esos compuestos sobre la salud de quien los respira pueden ir desde molestias ligeras en las vías respiratorias hasta alergias graves y complicaciones asmáticas. Incluso se ha propuesto que pueden favorecer el desarrollo de algunos trastornos cardíacos.

Por ello, en diferentes partes del mundo se han desarrollado mecanismos para determinar la presencia de estos contaminantes y se han establecido límites, cuya superación representa riesgos para la salud. En nuestro país, urbes como Guadalajara, Monterrey y la Ciudad de México han implementado redes de monitoreo atmosférico para evaluar la calidad del aire. El Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA) de la Ciudad de México y su área metropolitana, es un valor de referencia que sirve para establecer la buena, regular o mala calidad del aire en esta zona del país.

A pesar de ello, el IMECA no es un valor único, puesto que son cinco los contaminantes que se miden en las redes de monitoreo: partículas suspendidas menores a 10 micras (PM10), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y ozono (O<sub>3</sub>). En consecuencia, son cinco los valores IMECA que se establecen en cada evaluación, calculados a partir de fórmulas

utilizadas internacionalmente,<sup>26</sup> pero sólo se reporta a la población el valor IMECA más alto.

El efecto de cada contaminante sobre la salud varía en función de la dosis, el tiempo y el número de exposiciones, así como de la sensibilidad de cada persona. Más allá de los síntomas generales provocados por estos contaminantes (molestias en los ojos, la nariz y la garganta), existen efectos puntuales en diversos tejidos y células. A continuación se revisarán brevemente los efectos reportados de cada compuesto sobre el sistema inmune.

## Partículas suspendidas

Las partículas suspendidas en el aire que representan un mayor riesgo para la salud humana son aquellas menores a 10 micras, ya que por su tamaño pueden alojarse fácilmente en los pulmones y causar diversas afectaciones. Además de su papel como posibles causantes directos de daño al tejido pulmonar, se ha planteado que pueden afectar el sistema inmune. Se sabe, por ejemplo, que la exposición a partículas suspendidas, incrementa la expresión de citocinas proinflamatorias como IL-6, IL-1β y TNFα en macrófagos alveolares.<sup>29</sup> También se ha observado que monocitos expuestos a estas partículas disminuyen sus niveles de CD11b, CD14 y su capacidad fagocítica.<sup>3</sup>

Este mismo factor se ha relacionado con una disminución en la concentración de IL-5 e IL-10 presentes en los lacrimales, necesarios para mantener la salud ocular.<sup>19</sup>

## Monóxido de carbono

El monóxido de carbono es un gas tóxico producto de la combustión de gasolinas, otros derivados del petróleo, tabaco o madera. Al ser respirado puede formar carboxihemoglobina en los pulmones, causando desórdenes en el transporte de oxígeno a los órganos y puede conducir incluso a la muerte. Los linfocitos de sangre periférica humana expuestos a CO muestran un incremento en el número de micronúcleos y en el intercambio de cromátidas hermanas.<sup>21, 25</sup> Estos daños en los linfocitos podrían explicar la reducción de su presencia en la sangre periférica de gente envenenada con CO.<sup>13</sup> En los monocitos el CO puede interferir con la transducción de señales iniciada por TLR4 y alterar la respuesta inmune de estas células.<sup>10</sup>

## Dióxido de azufre

Este gas es producido en las grandes ciudades en los motores de combustión interna de los autos. Es incoloro y de olor penetrante. En modelos animales se ha demostrado que el SO<sub>2</sub> y los sulfitos derivados, pueden generar inflamación pulmonar.<sup>17</sup> Asimismo, afecta el tejido bronquio alveolar induciendo la sobreexpresión de citocinas proinflamatorias (IL-6, TNFα) y la reducción de la respuesta Th1/Th2.<sup>18</sup> También se ha demostrado que la exposición a SO<sub>2</sub> puede favorecer la inflamación del tejido pulmonar, probablemente mediante la sobreexpresión de TGFβ.<sup>5</sup> Por otra parte se ha observado que la exposición de macrófagos alveolares *in vitro* a SO<sub>2</sub>, tiene como consecuencia una disminución de su capacidad para responder a señales quimiotácticas y para liberar TNFα e IL-1β al ser estimulados con LPS.<sup>15-16</sup> La exposición *in vitro* de linfocitos a SO<sub>2</sub> afecta el DNA, produciendo aberraciones cromosómicas, intercambio de cromátidas hermanas y formación de micronúcleos, interfiriendo de esta forma con su funciones inmunológicas.<sup>20</sup>

## Dióxido de nitrógeno

El dióxido de nitrógeno es un gas irritante que puede dañar las células pulmonares e incluso conducir a un estado similar al enfisema. Se sabe que la exposición de tejido epitelial al NO<sub>2</sub> induce la expresión de mediadores proinflamatorios como IL-1β, TNFβ e IL-8.<sup>1</sup> Algunos trabajos han demostrado que induce una disminución

en el número de linfocitos, aumento de IL-6 e IL-8, incremento de neutrófilos y eosinófilos en las vías aéreas, favoreciendo la aparición de cuadros alérgicos.<sup>11,12,22,28</sup> También puede causar ruptura del ADN en macrófagos alveolares y reducir el número de células NK.<sup>2,4</sup>

### Ozono

El ozono no se genera directamente de los procesos de combustión interna. Es el resultado de la interacción de diversos gases, principalmente óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, en presencia de radiación solar, por lo que se considera un contaminante secundario muy tóxico. En modelos experimentales con roedores se ha observado que la exposición a altas dosis de ozono puede favorecer el infiltrado de macrófagos al tejido graso epicárdico, los cuales sobreexpresan moléculas pro-inflamatorias como TNF $\alpha$ , MCP-1 y leptina.<sup>24</sup> Éstos a su vez pueden atraer a otras células inflamatorias y comprometer el tejido cardiaco. En otros trabajos se ha demostrado que la exposición al O<sub>3</sub> induce una reducción en la cantidad de monocitos y linfocitos en la sangre periférica humana y una reducción de IL-5, IFN $\gamma$  y TNF $\alpha$ .<sup>23</sup> Dichos linfocitos además presentan incremento en la cantidad de micronúcleos, considerados marcadores de daño genético.<sup>14</sup>

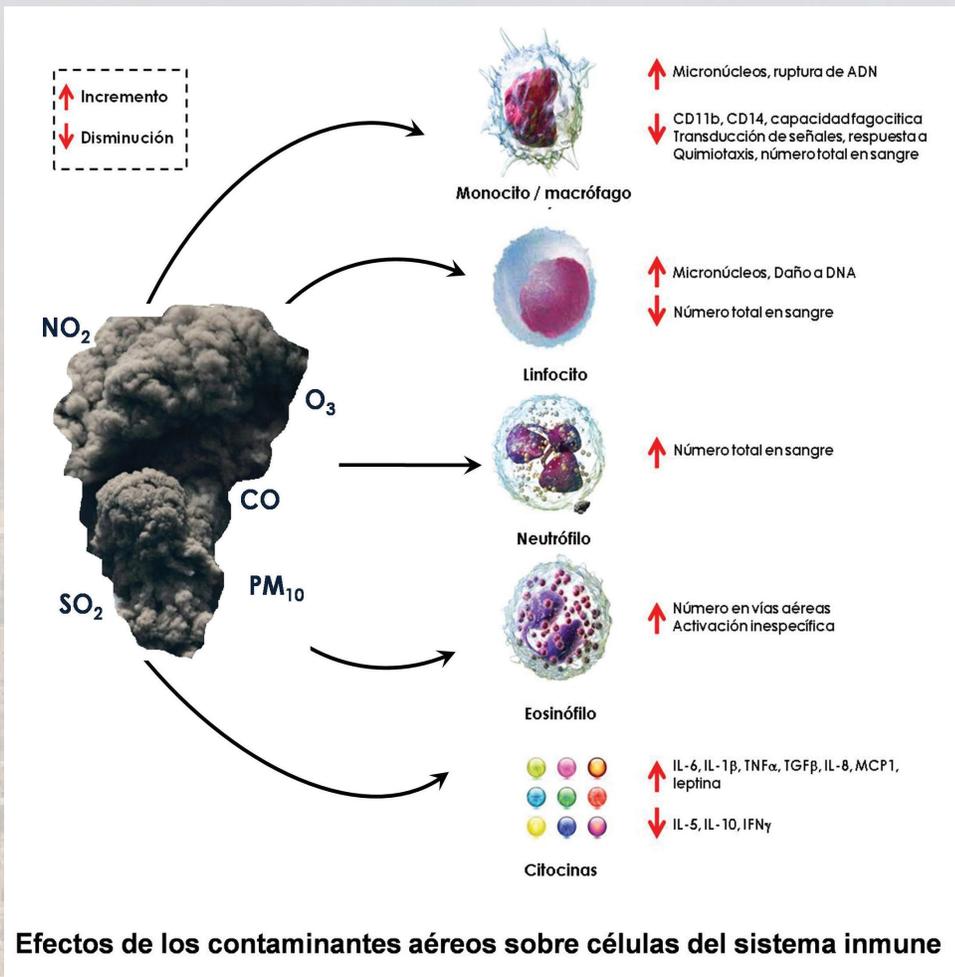
### Efectos en la Ciudad de México

Actualmente sabemos que niños de 8 a 15 años que viven en la Ciudad de México, expuestos a la contaminación del aire, tienen mayor tendencia a desarrollar una respuesta auto-inmune, pues se han encontrado autoanticuerpos contra algunas proteínas del sistema nervioso central. Esto podría inducir neuroinflamación y contribuir al desarrollo de padecimientos como la enfermedad de Alzheimer o la de Parkinson.<sup>9</sup> Asimismo, muestran un incremento en los niveles de mediadores inmunológicos como ciclooxigenasa 2, MIF, IL-1 $\beta$ , CD14, linfocitos CD8+ e inflamación sistémica, así como una disminución en la cantidad de células NK.<sup>6-8</sup>

Dado que recientemente se decretó un estado de contingencia ambiental por los altos índices de contaminación en el aire de la Ciudad de México, es muy importante difundir los riesgos concretos que los compuestos antes mencionados pueden tener sobre nuestra salud.<sup>1</sup>

### Referencias consultadas

1. Ayyagari VN, et al. 2007. *Inhal Toxicol*. 19: 181.
2. Azari MR, et al. 1996. *Occup Environ Med*. 53: 248.
3. Becker S, et al. 1998. *J Toxicol Environ Health A*. 55: 455.
4. Bermúdez E, et al. 1999. *Environ Res*. 81: 72.
5. Cai C, et al. 2008. *Clin Exp Allergy*. 38: 1680.
6. Calderón-Garcidueñas L, et al. 2008. *Toxicol Pathol*. 36: 289.
7. Calderon-Garcidueñas L, et al. 2009. *Toxicol Pathol*. 37: 161.
8. Calderon-Garcidueñas L, et al. 2013. *Front Neurosci*. 7: 183.
9. Calderón-Garcidueñas L, et al. 2015. *J Alzheimers Dis*. 43: 1039.
10. Chhikara M, et al. 2009. *PLoS One*. 4: e8139.
11. Devlin RB, et al. 1999. *Inhal Toxicol*. 11: 89.
12. Frampton MW, et al. 2002. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol*. 282: L155.
13. Guratowska M, et al. 2010. *Przegl Lek*. 67: 566.
14. Holland N, et al. 2015. *Environ Mol Mutagen*. 56: 378
15. Knorst MM, et al. 1996. *Arch Environ Health*. 51: 150.
16. Knorst MM, 1996. *Res Exp Med (Berl)*. 196:127.
17. Labbé P, et al. 1998. *Hum Exp Toxicol*. 17: 600.
18. Li R, et al. 2014. *Chemosphere*. 112: 296.
19. Matsuda M, et al. 2015. *PLoS One*. 10: e0143131.
20. Meng Z, et al. 1992. *Mutat Res*. 298: 63.
21. Slezak M, et al. 2014. *Przegl Lek*. 71: 463.
22. Solomon C, et al. 2000. *Eur Respir J*. 15: 922.
23. Stiegel MA, et al. 2016. *PLoS One*. 11: e0152458.
24. Sun L, et al. 2013. *Part Fibre Toxicol*. 10: 43.
25. Tarik O, et al. 2014. *Toxicol Ind Health*. 30: 896.
26. Trejo R. 2006. *Conciencia Tecnológica*. 31: 50.
27. Vazquez JG. 2015. Edit. Alfaguara. ISBN: 9789562399609
28. Wang JH, et al. 1995. *Int Arch Allergy Immunol*. 107: 103.
29. Zhao Q, et al. 2016. *Biochim Biophys Acta*. doi: 10.1016/j.bbagen. 2016.03.033



# Obesidad, hipertensión y diabetes

Anaí Palacios

El 20 de mayo pasado se realizó el simposio “Obesidad, hipertensión y diabetes: un enfoque multidisciplinario”, organizado por los doctores José Ramón Cossío y Adolfo Martínez Palomo, miembros de El Colegio Nacional, en colaboración con el doctor Gerardo Gamba, investigador del Instituto de Investigaciones Biomédicas en la Unidad Periférica del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, con el objetivo de abordar estos padecimientos que constituyen los principales problemas de salud del mexicano.

En el mundo, la incidencia de obesidad e hipertensión crece aceleradamente. En México, cerca de 50 por ciento de la población se encuentra en riesgo de sufrir diabetes mellitus tipo 2, y de ellos casi la mitad desconocen su patología, lo que los hace más propensos a padecer complicaciones crónicas, de acuerdo con el doctor Carlos Aguilar, del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ).

Estos padecimientos son muy diferentes a los que existían hace relativamente poco tiempo cuando predominaban las enfermedades infecciosas, aseguró el doctor David Kershenobich, director general del INCMNSZ. “Las enfermedades de hoy en día son enfermedades que se quedan para el resto de la existencia de una persona”, dijo, por lo que se requiere que las personas tengan el control de su enfermedad.

El doctor Gerardo Gamba, director de investigación en el INCMNSZ, identificó a la hipertensión arterial como “el factor número uno de riesgo de muerte en el mundo”, pues acelera el desarrollo de problemas que terminan con la muerte, como los infartos al miocardio y al cerebro.

En la Encuesta Nacional de Salud más reciente se reveló que 22.4 millones de mexicanos tienen hipertensión, de los cuales sólo la mitad sabe que la padece, y de ellos sólo 5 millones están razonablemente controlados. “Estos resultados llaman la atención porque la hipertensión

arterial es una enfermedad fácil de diagnosticar, pues no se requiere más que medir la presión arterial”, explicó, “además de que existe una batería de medicamentos muy eficientes para el tratamiento de ésta”.

También dijo que los factores más relevantes en el desarrollo de esta enfermedad son el consumo de sal y la obesidad.

En México, 72 por ciento de las mujeres y 67 por ciento de los hombres tienen sobrepeso y obesidad, lo que hace a nuestro país especialmente vulnerable.

Además, se sabe que a mayor consumo de sal mayor presión arterial. Aunque otros estudios han señalado que “consumir mucho potasio se asocia con una presión arterial menor en la misma cantidad de sal”, recalcó.

Por su parte, el doctor Adolfo Martínez Palomo, integrante de El Colegio Nacional, habló de la síntesis y secreción de péptidos natriuréticos en el corazón y su relación con la hipertensión, obesidad y diabetes, pues este órgano, además de ser responsable de la circulación de la sangre, secreta dichas hormonas que están relacionadas con la homeostasis del agua, sodio, potasio y el tejido adiposo en el cuerpo.

El investigador del CINVESTAV dijo que en los vasos sanguíneos los péptidos natriuréticos disminuyen el tono muscular, en el tejido adiposo aumentan la lipólisis, en las glándulas suprarrenales disminuyen la secreción de aldosterona, y en el riñón aumentan la secreción de sodio. Agregó que se ha encontrado que la síntesis y secreción de los péptidos incrementa en casos de isquemia o distensión del miocardio y disminuye en la obesidad y diabetes tipo 2.

Hace algunos años el doctor Martínez Palomo encontró las primeras evidencias de las alteraciones en la concentración de los péptidos y su relación con el desarrollo de hipertensión; posteriormente, estos cambios se comenzaron a analizar en la obesidad y diabetes, a fin de desarrollar métodos de diagnóstico y tratamientos.

La arqueóloga y doctora en antropología Vera Tiesler, de la Universidad Autónoma de Yucatán (UAY), dijo que nuestro pasado remoto como cazadores recolectores, que implicaba un estilo de vida arduo y precario, generó en nosotros una predisposición genética y fisiológica para engordar.

Sus investigaciones de los restos arqueológicos de los mayas en el sureste mexicano revelan características que no han sido vistas en otras poblaciones. “Particularmente notoria es la gordura en las urbes mayas del clásico”, que se reconoce en las representaciones pictóricas de los artistas de la época y en los restos óseos que han sido analizados. “Lo que vemos colectivamente es sin duda un preludio de los problemas de salud pública que hoy reconocemos en la obesidad y en el estilo de vida sedentario”, afirmó.

Comparando los restos óseos de una muestra al resguardo del Museo Peabody en Cambridge, Estados Unidos, obtenida en 1927, con los restos de una muestra más reciente obtenida por la UAY, podemos corroborar un cambio en el tipo de enfermedades mortales, pues hace un siglo predominaban las enfermedades infecciosas, mientras que actualmente prevalecen los padecimientos crónico degenerativos, entre los que figuran las enfermedades metabólicas.

“En 9 por ciento de las actas de defunción de las muestras más recientes se menciona la diabetes”, aseguró. Además, “las osamentas de los pobladores recientemente fallecidos muestran 20 veces más traumatismos que las series análogas pasadas”.

La doctora Tiesler advirtió que, además del sedentarismo, nuestro régimen alimenticio se ha modificado a partir del fenómeno de la globalización, lo que “nos está alejando mucho de nuestro régimen dietético evolutivamente avalado”.

A nivel cerebral, la obesidad y otras enfermedades metabólicas pueden explicarse a partir del funcionamiento de dos vías que regulan la ingesta de alimentos: la vía homeostática, que está asociada a las señales que vienen de la periferia y que se especializa en cubrir la demanda energética del organismo, y la vía hedónica, que es enteramente gratificación y recompensa.

Estas funciones alimenticias están reguladas por hormonas que envían señales. La grelina, la insulina y la leptina son las encargadas de generar estas señales, indicó el doctor Ranulfo Romo, neurofisió-

logo miembro de El Colegio Nacional. La primera es la encargada de incrementar el hambre y su secreción disminuye al comer; la segunda se encarga de procesar la glucosa, y la última regula el peso corporal a largo plazo.

Las señales de estas hormonas llegan a una serie de neuronas peptidérgicas que se localizan en la zona del diencéfalo y que se conocen como AgRP/NPY y POMC. “La activación de las neuronas AgRP induce un consumo voraz, mientras que las neuronas POMC lo reducen e inducen pérdida de peso”, explicó.

En experimentos donde se ponen a prueba a roedores sin las neuronas AgRP se ha demostrado que en situaciones de estrés los ratones pierden peso, pero lo recuperan en el ambiente obesogénico. “Ya que con la vía homeostática lesionada, sólo dependen de la vía hedónica”, dijo.

Destacó los resultados de unos estudios publicados en 2003 que demuestran

que la obesidad y la adicción a las drogas tienen rasgos muy semejantes. Por ejemplo, los adictos a la cocaína muestran menor sensibilidad a estímulos dirigidos a la zona estriada del cerebro, situación que se replica en los sujetos con obesidad.

Buscando el placer que provoca la comida, “la existencia de la vía hedónica resalta la importancia del ambiente obesogénico en el desarrollo de la epidemia de obesidad”, dijo.

Se han analizado también otras posibles causas y otros patrones que puedan explicar esta pandemia. La doctora María Elena Medina Mora, directora del Instituto Nacional de Psiquiatría y miembro de El Colegio Nacional, reveló que se han encontrado correlaciones positivas entre trastornos psicosociales y la obesidad.

Explicó que la tendencia más visible en todos los países es la relación entre la depresión y la obesidad. Asimismo, presentó resultados de encuestas a nivel nacional que revelan que 70 por ciento de las personas que presentaron el trastorno de atracón también presentaron el trastorno de ansiedad, mientras que en 25 por ciento se asoció con la depresión, con el trastorno bipolar en 13 por ciento y con el abuso del alcohol en una proporción menor.

Estas mismas estadísticas revelaron que las principales afectadas son las mujeres adultas, quienes a un mayor grado de estudios presentan depresión y obesidad, y a un menor grado de escolaridad muestran ansiedad y obesidad.

El doctor José Sarukhán, ex rector de la Universidad Nacional Autónoma de México y miembro de El Colegio Nacional, dijo que una acción importante que podríamos seguir como nación es apostar por la soberanía alimentaria, pues ello implica cosas más allá de asegurar el alimento. “Primero, implica que se produzca sustentablemente; segundo, que la población tenga derecho a elegir sus propios alimentos, y que esto esté en relación con su cultura y sus propios sistemas alimenticios”.

Al exponer los elementos científicos contemplados en la revisión de la Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-2010 para la prevención, tratamiento y control de la diabetes, el doctor Carlos

Aguilar, del INCMNSZ, indicó que es un elemento clave en las acciones para mitigar el impacto social de la enfermedad y que es indispensable la participación de las instituciones académicas para darle un sustento sólido en lo científico y en lo legal.

Comentó que como resultado de una serie de documentos elaborados por un grupo interdisciplinario convocado por la Academia Nacional de Medicina para proponer metas y acciones para atender el problema, se han sugerido adecuaciones a la norma referentes a la forma como se realiza el escrutinio y diagnóstico de la enfermedad, la estimación de la severidad, la evaluación de las complicaciones crónicas, la búsqueda de comorbilidades, el reconocimiento de las barreras para lograr la adherencia terapéutica y la selección de medicamentos, dispositivos e intervenciones que puedan ser usados para prevenir y/o tratar el padecimiento y sus complicaciones.

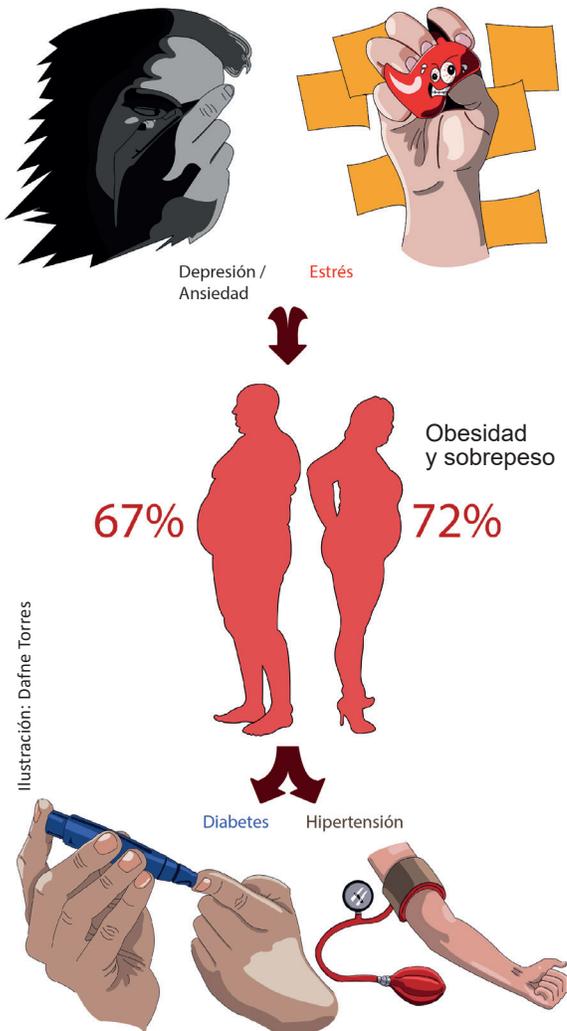
Afirmó que con estas adecuaciones no se pretende que la norma sea una guía de práctica clínica, sino abrir un marco general sobre lo que es aceptable para el manejo de la diabetes desde el punto de vista científico.

En su oportunidad, el ministro de la Suprema Corte de Justicia de la Nación José Ramón Cossío, miembro del Colegio Nacional, indicó que la diversidad de factores abordados en el simposio en relación a la obesidad, hipertensión y diabetes da cuenta de la gran cantidad de acciones que se necesita llevar a cabo en la sociedad a través del derecho para garantizar la protección de la salud de los mexicanos.

Por ello, en colaboración con el doctor Carlos Aguilar y otros especialistas, el ministro participa en la revisión del contenido de la Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-

2010. “Lo que se trata —dijo— es que esa norma refleje el mejor estado del arte respecto de la materia y con esa adecuada consideración jurídica se regulen las acciones que se van a tener que llevar a cabo”.

Actualmente la obesidad, la hipertensión y la diabetes se consideran problemas graves de salud pública que deben atenderse sobre todo en la fase de prevención. Algo muy importante, apuntó el doctor Kershenovich, es tener una visión multidisciplinaria sobre este problema, para que podamos encontrar mejores soluciones. [■](#)





# Canal TRPV1: ¡Quema, pica, duele!

Anaí Palacios

“La razón de que nosotros podamos sentir diferentes estímulos, por ejemplo, temperatura, sustancias químicas o incluso cuando nos pegamos con un martillo, es porque hay canales iónicos muy diversos que responden de forma muy específica a ellos”, explicó la doctora Tamara Rosenbaum, del Instituto de Fisiología Celular, durante su conferencia en la Facultad de Ciencias *¡Quema, pica, duele!: los affaires de una molécula*.

Explicó que una característica adaptativa de todos los organismos superiores es la capacidad de detectar la temperatura y el dolor a través de un tipo de neuronas que están en la periferia, llamadas neuronas sensoriales. A estas funciones se les conoce como termocepción y nocicepción.

Las neuronas sensoriales llevan información al sistema nervioso central a través de señales químicas y eléctricas muy rápidas. Para recibir esta información, en los organismos superiores han surgido entidades moleculares conocidas como canales iónicos, que son estructuras proteicas finas y delimitadas especializadas en permitir el paso de iones a través de la membrana de las células. Los canales iónicos “tienen en el centro una cavidad acuosa que permite la estancia y el paso de moléculas cargadas de cierto tamaño. Ese centro se llama vía de conducción iónica”, dijo.

Se han identificado ocho canales especializados en detectar los cambios en la temperatura, estos canales se llamaron, por sus siglas en inglés, los receptores de potencial transitorio, los canales TRP. También se conoce que “puede haber situaciones en donde un canal logra responder a diversos estímulos, como los que encontramos en algunas plantas”, enunció la doctora Rosenbaum.

El primero que se descubrió fue el canal TRPV1, que se activa a temperaturas muy altas, cercanas a los 42 grados centígrados, y que también se activa por el compuesto que está en los chiles, la capsaicina.

Para probar que este canal reacciona a determinados compuestos, se hacen pruebas en las que “uno puede tomar un animal, en este caso un ratón, e inyectarle capsaicina en una de sus patas; vemos que el animal se lame, y

eso es una señal de que tiene dolor”; luego se puede “probar esto en un ratón modificado genéticamente para no presentar el receptor TRPV1. Si un animal transgénico sin esta capacidad es inyectado, no se lame porque no siente dolor. Ésta es una demostración de que el TRPV1 está intrínsecamente ligado al dolor que se genera cuando hay capsaicina”, expuso.

Además, este canal se ha ligado con diferentes tipos de enfermedades, como “la irritación de las vías respiratorias; la irritación de la vejiga; la angina de pecho, que es ese dolor que se siente cuando tenemos una afección cardíaca; la artritis, y los dolores de varios tipos de cáncer”, por lo que se han desarrollado métodos farmacológicos para aliviar el dolor enfocados al funcionamiento del canal, explicó.

En el laboratorio de la doctora Rosenbaum se descubrió que la cisteína 157 es fisiológicamente importante para que el canal pueda responder a este tipo de sustancias. Esta cisteína está en la región amino-terminal, que está al principio del canal.

También se ha probado la respuesta del canal a otro tipo de compuestos que “la *vox populi* indicaba que podrían tener relación, como la alicina presente en productos como el ajo y la cebolla, que popularmente se ponen en el diente para reducir el dolor”, dijo. También se probó el ácido lisofosfatídico (LPA), una sustancia endógena “que se genera a partir de un precursor que se encuentra en todas las células que se llama LPC y tiene diversas funciones celulares, como migración, proliferación y sobrevivencia”.

Su equipo encontró evidencia de que “el LPA interactuaba directamente con el canal” Además, existe evidencia de condiciones patológicas en donde un aumento en LPA activa el canal TRPV1, como en la isquemia, el cáncer y la mordedura de algunos animales.

La doctora Rosenbaum aseguró que “en la medida en que entendamos cómo funcionan estos receptores podemos comenzar a comprender

qué pasa en patologías como las neuropatías asociadas con varios tipos de enfermedades y con la inflamación”.

Para finalizar su conferencia, dijo que en su laboratorio se ha encontrado una molécula que se une al mismo sitio que la capsaicina, pero que en lugar de abrir el canal, lo cierra, “por lo que es interesante analizarla, por su capacidad de inhibir el dolor”. “Si uno no entiende la unidad, es imposible entender cómo funciona todo el complejo”, concluyó. 



Doctora Tamara Rosenbaum

Foto: Academia Mexicana de Ciencias

# Un enfoque histórico del cómputo y la programación

David Rico  
Cómputo IIB

A la fecha se ha mantenido la idea de que la programación es una tarea exclusivamente de profesionistas dedicados al cómputo, y aunque ésta no sea una tarea fácil ha mejorado para simplificar su aprendizaje.

Uno de los mayores logros de la tecnología fue la creación de las computadoras, y su antecedente inmediato se dio durante el desarrollo de la Segunda Guerra Mundial, para ese entonces uno de los mayores retos de la ciencia fue desarrollar una máquina que permitiera interceptar y decodificar las comunicaciones del ejército alemán como elemento clave para neutralizar los avances de los alemanes y facilitar el triunfo a los países aliados.

En los inicios de la guerra se registró un gran avance para descifrar las comunicaciones alemanas, un error de un teleoperador alemán facilitó a la inteligencia británica descifrar los mensajes manualmente con la ayuda del matemático Alan Turing<sup>1</sup>; pero desgraciadamente esto no era suficiente...cuando obtenían el mensaje original ya era demasiado tarde; esta situación generó la oportunidad de reunir a los mejores matemáticos e ingenieros para diseñar y fabricar una máquina electrónica capaz de automatizar el proceso. Fue en 1943 que el proyecto se materializó y construyeron una máquina del tamaño de una habitación enfocada únicamente a obtener el mensaje original de los alemanes en tan solo 4 horas, hecho que facilitó de gran manera la conclusión de la guerra en 1945. Un año después salió a la luz la computadora ENIAC diseñada por primera vez en la historia para resolver distintos tipos de problemas, y es en este momento cuando surge por primera vez el concepto de

programación, este proceso era realizado por mujeres y se consideraba un proceso laborioso; en un principio era necesario analizar y diseñar la solución para después programar la solución que básicamente era física, es decir, las programadoras tenían que desconectar cables de un lugar y conectarlos en otro lugar para que la máquina ejecutara las instrucciones.

A pesar de los grandes avances obtenidos durante la Segunda Guerra Mundial, la ENIAC al igual que sus antecesoras habían sido utilizadas exclusivamente para uso militar y es hasta 1951 que en los Estados Unidos se construye la primera computadora comercial capaz de hacer historia, bautizada como UNIVAC, la programación en ésta ya se hacía a través de instrucciones a la computadora mediante el lenguaje de programación<sup>2</sup> Flow Matic, la UNIVAC se

utilizó por primera vez para simplificar el censo de ese país en 1951 y fue a partir de ese momento que se dieron grandes revoluciones tecnológicas en la computación.

En la actualidad las computadoras han disminuido su tamaño y aumentado su capacidad de procesamiento obedeciendo principalmente a la Ley de Moore<sup>3</sup>, pero aún se conserva el diseño de mediados del siglo XX, en el que se considera un componente para procesar las instrucciones; una memoria principal comúnmente llamada RAM para la ejecución del sistema operativo al igual que las aplicaciones, otra memoria secundaria para almacenar nuestros archivos (disco duro); medios de entrada (teclado, escáner, etc.) que permiten ingresar información y procesarla así como medios de salida (monitor, impresora, etc.) para mostrar la información. Por otro lado las herramientas para programar aplicaciones también han registrado un importante avance tecnológico; en un principio era conocimiento que únicamente los matemáticos y físicos dominaban, posteriormente se amplió a áreas del conocimiento relacionadas con la computación y hoy en día están disponibles múltiples tipos de herramientas para desarrollar programas de acuerdo a nuestra área de conocimiento. <sup>1</sup>

1 Padre de la informática

2 Herramienta para crear programas

3 Ley que expresa que cada dos años se duplica la cantidad de los componentes electrónicos de la unidad que procesa la información en una computadora.



Fuente: <http://www.tiki-toki.com/timeline/entry/376340/HISTORIA-DEL-COMPUTADOR/>