



UASLP
Universidad Autónoma
de San Luis Potosí

UNIVERSITARIOS POTOSINOS

REVISTA DE
DIVULGACIÓN CIENTÍFICA



**FRANCISCO
JAVIER
GONZÁLEZ
CONTRERAS**
protagonista de la óptica

Los insectos, ¿una futura alternativa para la alimentación humana?

LATINDEX: 24292



9 77 1870 169005

EJEMPLAR GRATUITO



UASLP

Universidad Autónoma
de San Luis Potosí



UNISALUD

por una
UNIVERSIDAD+ saludable

Programa Institucional de Atención Integral,
dirigido a la **salud preventiva** de la población universitaria.

¡Atiéndete!

• IMSS
(444) 845 09 10

• ISSSTE
(444) 834 76 54

• CENTRO DE SALUD UNIVERSITARIO
(444) 826 23 26 / 67

• HOSPITAL CENTRAL
(444) 834 27 00

• CENTRO UNIVERSITARIO DE
ATENCIÓN NUTRICIONAL (CUAN)
(444) 834 25 47

Participa en este programa de salud preventiva

UNISALUD Informes:
(444) 826 13 61

unisalud@uaslp.mx



UASLP
Universidad Autónoma
de San Luis Potosí

UNISALUD





UASLP
Universidad Autónoma
de San Luis Potosí

RECTOR

Manuel Fermín Villar Rubio

SECRETARIO GENERAL

David Vega Niño

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE COMUNICACIÓN SOCIAL

Ernesto Anguiano García

EDITORA

Patricia Briones Zermeño

ASISTENTE EDITORIAL

Alejandra Carlos Pacheco

EDITORES GRÁFICOS

Alejandro Espericueta Bravo

Yazmín Ochoa Cardoso

REDACTORA

Mariana Cabrera Vázquez

CORRECTORAS DE ESTILO

Adriana del Carmen Zavala Alonso

Diana Alicia Almaguer López

COLABORADORES

Investigadores, maestros, alumnos
de posgrado y
egresados de la UASLP

CONSEJO EDITORIAL

Alejandro Rosillo Martínez

Adriana Ochoa

Anuschka Van't Hooft

Irma Carrillo Chávez

Juan Rogelio Aguirre Rivera

María del Carmen Rojas Hernández

Vanesa Olivares Illana

UNIVERSITARIOS POTOSINOS, año doce, número 190, agosto de 2015, es una publicación mensual fundada en marzo de 1993 y editada por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, a través del Departamento de Comunicación Social. Calle Álvaro Obregón número 64, Colonia Centro, C.P. 78000, tel. 826-23-00, ext. 1505, revuni@uaslp.mx. Editor responsable: LCC Ernesto Anguiano García. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo núm. 04-2012-112911453700-203, ISSN: 1870-1698, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, licitud de Título núm. 8702 y licitud de contenido núm. 6141, otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, Latindex, folio: 24292. Impresa por los Talleres Gráficos de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, avenida Topacio s/n esquina Boulevard Río España, colonia Valle Dorado, San Luis Potosí, S.L.P., este número tuvo un tiraje de 3,500 ejemplares.

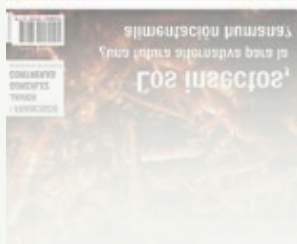
Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de la universidad.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Se reciben colaboraciones al correo electrónico:
revuni@uaslp.mx



AÑO DOCE
NÚMERO 190
AGOSTO DE 2015



EDITORIAL

La entomofagia, el hábito de comer insectos, se practica en México desde la época prehispánica, según consta en el *Códice Florentino*, escrito por el misionero franciscano Bernardino de Sahagún en el siglo XVI, en el que da cuenta del consumo de más de 90 especies.

Los insectos son altamente nutritivos, se estima que alrededor de 70 por ciento de su cuerpo es proteína, por lo que investigadores sugieren incorporar su consumo a la dieta diaria, y de ello nos habla la doctora Alicia Grajales Lagunes, catedrática investigadora de la Facultad de Ciencias Químicas de la UASLP, en el artículo principal de esta edición: "Los insectos, ¿una futura alternativa para la alimentación humana?".

Además, *Universitarios Potosinos* trae para usted una investigación cuyo objetivo es resolver la contaminación en Singapur y México, del científico mexicano Erik Velasco Saldaña, quien labora en el Centro de Detección Ambiental y Modelado de Singapur. Se trata del primer artículo internacional que se publica en nuestras páginas, como parte de los objetivos del Plan Institucional de Desarrollo 2013-2023, que plantea una Universidad Autónoma de San Luis Potosí internacional, pero con arraigo local. ☞

Síguenos:



Encuentra nuestros
contenidos en
formato digital





CONTENIDO

.22

- 4 Los insectos, ¿una futura alternativa para la alimentación humana?
ALICIA GRAJALES LAGUNES
- 10 Cómo combatir la contaminación del aire en Singapur y México
ERIK VELASCO SALDAÑA
- 18 El valor social de la conservación en los jardines botánicos
MARGARITA CLARISA JIMÉNEZ BAÑUELOS Y COLS.
- 22 Conoce las redes dentro de nuestro cerebro
ALFONSO ALBA CADENA Y COL.
- 28 La ficción de una violenta realidad en la literatura mexicana
RAMÓN ALVARADO RUIZ



.4



.10

SECCIONES

Columna DE FRENTE A LA CIENCIA • 9

LUIS GERARDO ZÁRATE VILET

Divulgando • 32

FLASH-BACK Ciento veinte años de un simple y trascendental experimento

JOSÉ REFUGIO MARTÍNEZ MENDOZA

DESDE LA AZOTEA Tres mil años de viaje marino

MARCOS ALGARA SILLER

Protagonista de la óptica

Francisco Javier González Contreras • 36

ALEJANDRA CARLOS PACHECO

Primicias • 38

JOSÉ REFUGIO MARTÍNEZ MENDOZA

El helicóptero que explorará Marte

El efecto de las ondas electromagnéticas en el cuerpo humano

Ocio con estilo • 40

Grandes genios

NOELIA MARTÍNEZ LÓPEZ



.18



UASLP

Universidad Autónoma
de San Luis Potosí

GALERÍA
HILARIO
GALGUERA



Francisco de

GOYA

Los Caprichos y Disparates

2 DE JULIO - 4 DE OCTUBRE

CAJA REAL. CENTRO CULTURAL

Madero y Aldama, Zona Centro

HORARIO:

Martes - sábado **10 a 18 h**

Domingo **10 a 17 h**

Los insectos, ¿una futura alternativa para la alimentación humana?

ALICIA GRAJALES LAGUNES
grajales@uaslp.mx
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS



El crecimiento acelerado de la población mundial traerá consigo un incremento significativo en la demanda de proteínas para satisfacer las necesidades alimenticias en el año 2050, como indican Nikos Alexandratos y Jelle Bruinsma, en *World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision*.

Lo anterior debido a que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) estima que para el año 2050 existirán aproximadamente 9,600 millones de habitantes, cuando la cifra actual es de 7,200 millones. Según la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) en 2050 se deberá producir 70 por ciento más de comida para satisfacer dichas necesidades.

Una alternativa prometedora considerada por esta organización para hacer frente al problema es utilizar los insectos como fuente de proteína en la alimentación humana, debido a que además de presentar un alto contenido de proteínas, también poseen ácidos grasos polinsaturados y gran cantidad de minerales como hierro y zinc y vitaminas, sobre todo del complejo B.

En la tabla se compara el contenido de grasa y proteína de alimentos tradicionales con el de los insectos. Se puede observar que en los últimos hay más proteínas que en cualquier otro tipo de alimento.

Contenido de proteína y grasa de insectos y otros alimentos

Producto	Proteína (%)	Grasa (%)
Bovino	17.4 - 19.4	15.8 - 25.1
Cordero	14.4 - 16.8	19.4 - 27.1
Pollo	20.6 - 23.4	1.9 - 4.7
Pescado	18.2 - 20.9	1.2 - 10.0
Leche	3.5 - 4.5	3.7 - 3.9
Huevo	12.9	11.5
Insectos	20.0 - 56.7	6.7 - 9.2

Fuente: Ghaly (2009).

Con base en los resultados de la tabla 1, los insectos poseen mayor ventaja que los alimentos convencionales, pero para contribuir de manera efectiva en una dieta sostenible y nutricional de los consumidores, no sólo es necesario pensar en el crecimiento

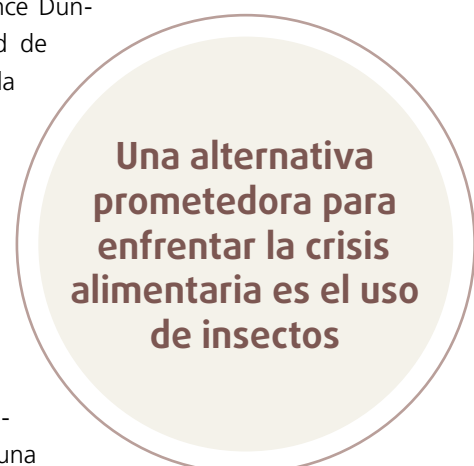
acelerado de la población global, sino también en los cambios climáticos y en el aumento continuo de los precios de los alimentos.

Una dieta sostenible es aquella que tiene bajo impacto ambiental y contribuye en la seguridad y nutrición de los alimentos para proporcionar una vida saludable a las generaciones presentes y futuras.

Marcel Dicke, entomólogo holandés, en la Wageningen Conference 2010, consideró que la producción de insectos suele ser ecológica y barata ya que para generar un kilo de carne bovina se necesitan aproximadamente 10 de comida para la alimentación de los animales y con esta cantidad se pueden generar 9 kilos de insectos. Además, el espacio requerido para las granjas de insectos es menor y no se generan tantos desechos, además de que emiten menos amoníaco y gases que provocan el efecto invernadero.

Por estas razones y por la elevada calidad nutritiva que poseen, el tema relacionado con insectos como alimento del futuro ha tomado gran relevancia en el contexto mundial. Por ejemplo, en 2013 la FAO publicó el libro *Edible insect future prospect for food and feed security*, y en 2014 en conjunto con la Universidad de Wageningen en Holanda organizaron la conferencia "Insect to feed the world"; en el Food Science and Technology 2014, congreso que se celebra anualmente en Estados Unidos, la doctora Florence Dunkel, de la Universidad de

Montana, impartió la conferencia "Insects as the food of the future". Es de resaltar que la doctora May Berembaum, del Departamento de Entomología de la Universidad de Illinois Campus Urbana-Champaign, realiza una degustación de diferentes tipos de insectos cada semestre, en conjunto con sus estudiantes.





El impacto e interés que ha cobrado este tema en el mundo dio la pauta para crear la primera revista científica: *Journal of Insects as Food and Feed*, de la Wageningen Academic Publisher, la cual comenzó a circular en 2015.

El organismo que regula la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés), en Estados Unidos de América, aprobó en el presente año la adición de insectos a alimentos como jugos, pastas y harinas.

A pesar del auge que ha tomado el consumo de insectos, son escasos los estudios sobre su seguridad alimentaria, las condiciones de higiene y de manejo adecuadas, así como nuevos tratamientos para su conservación y comercialización.

Por lo tanto, la industrialización de insectos como alimento es un reto y un nuevo sector de desarrollo para la industria agroalimentaria en el ámbito mundial debido a que capturarlos no es suficiente, hay que cultivarlos y para ello se requiere más investigación interdisciplinaria sobre las mejores variedades, sus valores nutricionales y funcionales así como su seguridad alimentaria.

Insectos comestibles

El hábito de consumir insectos por placer o para satisfacer las necesidades alimenticias se conoce como 'entomofagia', y ha existido desde épocas remotas alrededor del mundo, como se puede corroborar en Costa-Neto 2003; Viesca-González y Romero-Contreras 2009.

En el plano internacional, se consumen 2,000 especies de insectos entre los que destacan: escarabajos (coleópteros), 31 por ciento; orugas (lepidópteros), 18 por ciento; abejas, avispas y hormigas (himenópteros), 14 por ciento; saltamontes, langostas y grillos (ortópteros), 13 por ciento; cigarras, saltahojas, cochinillas y chinches (hemípteros), 10 por ciento, entre otros.

Estos insectos son consumidos en más de 3,071 etnias localizadas en 120 países como Angola, Brasil, Colombia, China, Ecuador, Japón, Perú, Tailandia, Zaire, México, Nigeria, República del Congo, Zambia, entre otros, según señalan C. MacEvilly en "Bugs in the system" en el *Nutrition Bulletin* y J. Ramos-Elorduy en "Insects a hopeful food", en *Ecological Implications of Minilivestock*.

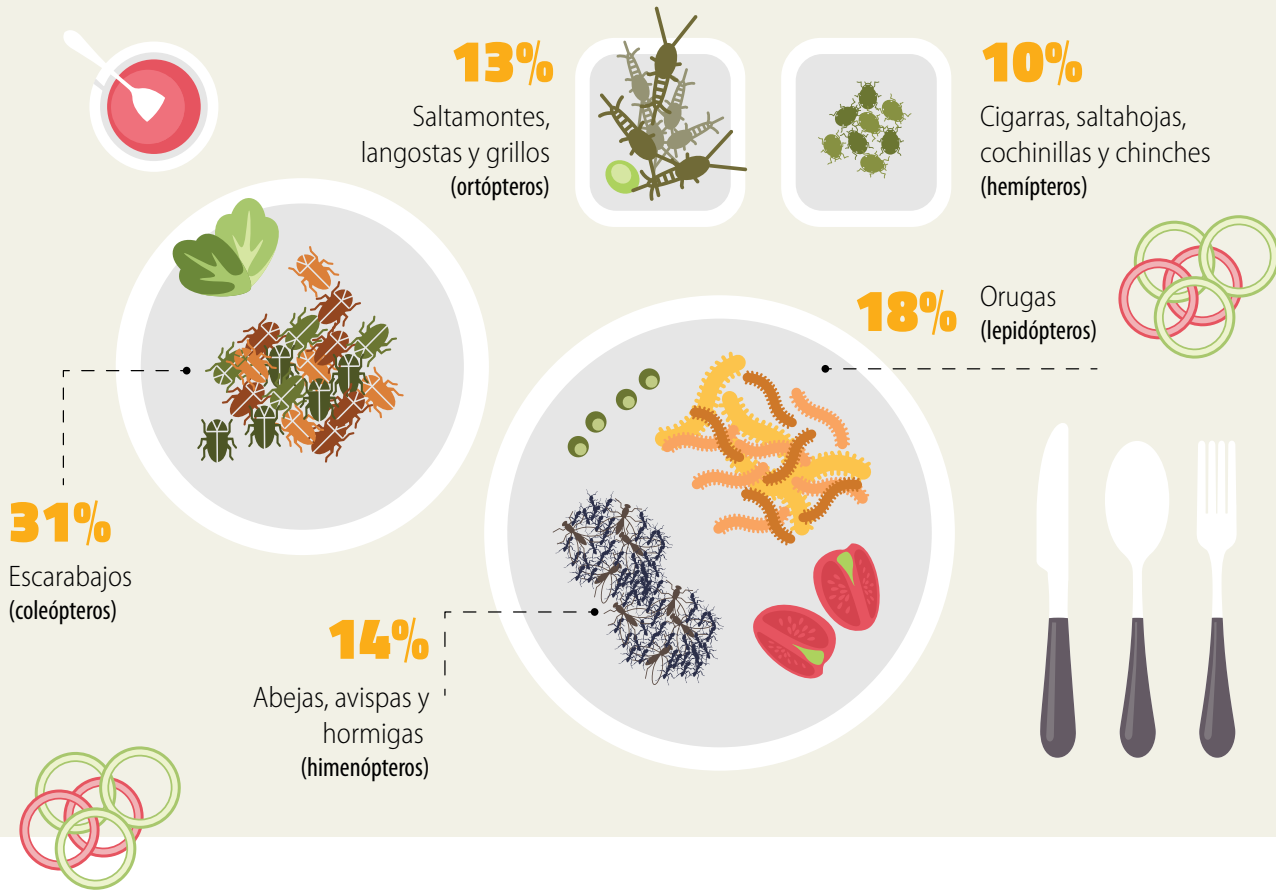
El país protagonista es Tailandia, ya que en él se degustan más de 200 especies; los insectos más comunes que se encuentran en los mercados de la capital, Bangkok, o en la cadena de restaurantes conocida como Rey de los insectos, son grillos, escarabajos, cucarachas acuáticas, escorpiones y tarántulas, como indica la FAO.

En Japón no es raro que los restaurantes incluyan en su carta platillos con zaza-mushi (larva acuática) y hachi-no-ko (larvas de avispa); en China, saltamontes o escarabajos marinados con soya y jengibre, o en Indonesia, libélulas saladas y fritas.

En Estados Unidos de América, Canadá y Europa, el consumo de insectos es una moda debido a que a base de éstos se preparan platillos gourmet y exó-



Se consumen **2,000 especies** de insectos entre los que destacan: **escarabajos, orugas, abejas, avispas y hormigas, saltamontes, langostas y grillos, cigarras, saltahojas, cochinillas y chinches, entre otros.**



ricos a precios elevados. Sin embargo, en la mayoría de los países de occidente no se consumen por razones culturales y la falta de aceptación de los consumidores sigue siendo un gran obstáculo; por lo tanto, se requiere un mayor esfuerzo para introducirlos con éxito en los alimentos.

Será necesario, entonces, promover la importancia cultural y nutritiva que conlleva el consumo de insectos así como informar a las personas sobre el aprovechamiento sostenible en la cría de insectos y los sistemas de producción de alimentos integrados.

Holanda, por ejemplo, es el país pionero de criaderos de insectos para el consumo humano y promueve su degustación entre la población (figura 1). En 2015 una de las cadenas de

supermercados más importantes de ese país comenzó a comercializar diferentes tipos de insectos (figura 2).

A pesar de que la tercera parte (540 especies) de los insectos comestibles se localizan en nuestro país, en pocos estados se ha detectado mayor consumo. En el Estado de México se consumen aproximadamente 160 especies, en Chiapas 155, en Hidalgo 145 y en Oaxaca 134; aunque también hay registros esporádicos, como Nuevo León, Aguascalientes y Guanajuato. De todas ellas, las especies mayoritarias son coleópteros, que comprenden los escarabajos y luciérnagas, e himenópteros al cual pertenecen las abejas, avispas y hormigas.

La venta de muchos insectos comestibles se lleva a cabo de acuerdo con su época de



■ Es doctora en ciencias en alimentos por la Universidad Blaise Pascal Clermont Ferrand, Francia. Es profesora investigadora en la Facultad de Ciencias Químicas de la UASLP y trabaja en el proyecto Caracterización específica de los componentes de los escamoles.



Figura 1. Degustación de insectos por la población holandesa.



Figura 2. Tipo de insectos comercializados por una cadena de supermercado de Holanda.

abundancia. Los que tienen mayor comercialización son los chapulines (*Sphenarium histrio Gerstaecker*), gusanos blancos (*Aegiale hesperiaris*) y rojos (*Comadia redtembacheri*) del maguey, chichatanas (*Atta mexicana Smith*, *Atta cephalotes*), abejas sin aguijón (*Scaptotrigona mexicana Guérin*) y escamoles (*Liometopum apiculatum Mayr*). Su venta se lleva a cabo en los mercados, o bien, los recolectores llevan directamente el producto a los restaurantes, pero no existen medidas de higiene y seguridad alimentaria reguladas.

En nuestro laboratorio hemos trabajado específicamente con los escamoles en aras de incrementar su vida de anaquel y darles un valor agregado. Debido a que la principal desventaja de este producto es su rápido deterioro, cinco días en refrigeración a 4°C. A la fecha ha sido posible detectar que la principal causa de su rápido deterioro es la actividad proteolítica que ejercen los diferentes grupos de enzimas presentes en este producto. Ésta provoca cambios estructurales severos y daña la textura del escamol. Debido a lo anterior y con el objetivo de incrementar la vida de anaquel de este producto fresco y procesado, se propusieron métodos de conservación como el de barrera o combinación de factores y el proceso de enlatado. Ambos permitieron incrementar la vida de anaquel hasta 45 días y dos años, respectivamente. También se logró elucidar su alto contenido de ácidos grasos insaturados y, en colaboración con el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tec-

nológica (IPICYT), por primera vez se logró elucidar el mapa proteómico de los escamoles, el cual aportará información relevante para conocer su biología y las diferentes proteínas y enzimas que los constituyen. Asimismo, conocer de manera específica la composición de los diferentes constituyentes de los escamoles permitirá que el consumidor esté mayormente informado y pueda conocer los beneficios que otorga el consumo de este producto.

Conclusiones

Sin duda alguna, los usos de insectos podrían ser una fuente potencial para la alimentación humana. Sin embargo, todavía es necesario considerar cuestiones importantes como identificar lo que se consume, el aprovechamiento sostenible para evitar la sobreexplotación, la mejora de la producción, la seguridad alimentaria, nuevas formas de comercialización y, sobre todo, educar a la población acerca de los beneficios y la importancia de integrar a los insectos en su dieta diaria.

En este contexto será necesario realizar más estudios que generen los conocimientos necesarios para impulsar la industrialización de los insectos y se encuentren en la vida cotidiana de la población. Es importante mencionar que el proceso de enlatado está siendo utilizado por el grupo de recolectores de Pocitos Charcas de San Luis Potosí para incrementar la vida del producto en anaquel y darles un valor agregado a los escamoles. ©



DE FRENTE A LA CIENCIA

Cuando un estudiante regresa a México

En los últimos años hemos sido testigos de un incremento en la cantidad de estudiantes que deciden realizar parte o la totalidad de sus estudios en el extranjero. Un factor que ha contribuido es el aumento en número de becas y apoyos económicos que facilitan el acceso a este tipo de experiencias; por ejemplo, según el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), el número de becas otorgadas por esta institución para realizar estudios en el extranjero fue de 2,972 en 2002 y de 4,082 en 2011, con una tasa de crecimiento anual de 4 por ciento en dicho periodo. Esto es una muestra del interés que existe por dotar al país de especialistas mexicanos formados en el extranjero, principalmente en las áreas en que se busca el desarrollo.

A pesar de todo lo anterior, en mi experiencia como exbecario, la situación se complica cuando al terminar los estudios, llega el momento de volver a México. Es en esos instantes cuando surge la pregunta ¿es conveniente regresar? Este cuestionamiento era un tema recurrente en las conversaciones entre mexicanos mientras realizábamos nuestros estudios. En mi opinión, lo que genera esta duda es la percepción, a veces errónea, sobre las dificultades que implica regresar al país. Entre ellas se encuentran la falta de empleo, la violencia y

el miedo a no encontrar una empresa o institución donde aplicar lo aprendido.

Además de los factores antes mencionados, existe uno en que la mayoría de los mexicanos estábamos de acuerdo: las pobres condiciones laborales en México. Es un hecho que aquí los beneficios que obtiene un empleado son mucho menores comparados con los de otros países. Por ejemplo, en Francia, país donde realicé mis estudios de maestría, el salario mínimo está establecido en 9.60 euros por hora, lo que corresponde a alrededor de 163 pesos mexicanos. En nuestro país el salario mínimo ronda los 66 y 70 pesos por día o lo que es lo mismo alrededor de 8.50 pesos la hora; es decir, 19 veces menos que en Francia, lo que significa una gran diferencia, incluso tomando en cuenta que el costo de vida allá es mayor.

Por desgracia las diferencias no están únicamente en el salario, pues en Francia un trabajador tiene derecho a 25 días de vacaciones por año trabajado sin importar la antigüedad, mientras que en México un trabajador comienza por tener anualmente sólo seis días después de cumplir el primer año trabajado, los cuales aumentan paulatinamente, pero para tener derecho a 22 días de vacaciones anuales es necesario haber laborado en el mismo lugar por 25 años.

Si bien es cierto que con estudios de posgrado es posible obtener prestaciones laborales superiores a las de ley, las diferencias que existen entre México y la mayoría de los países desarrollados obligan a las personas que realizan estudios en el extranjero a pensar detenidamente en la conveniencia de regresar al país y buscar otras motivaciones para convencerse de ello.

Claro está que volver a México no implica un retroceso, existen muchas ventajas y oportunidades tanto a nivel profesional como personal y muestra de ello son: una menor tasa de desempleo o el hecho de que las áreas donde se requiere personal altamente especializado no están saturadas, cosa que sí sucede en Europa. Además, en el ámbito personal están la familia, los amigos y el amor a la patria.

En mi opinión, la diferencia en las condiciones laborales es un factor que pesa mucho al momento de tomar la decisión de regresar, a pesar de que se están realizando esfuerzos e implementando programas por parte del Conacyt y otras instituciones para que a los estudiantes expatriados les resulte más atractivo volver al país; por eso es necesario mejorar significativamente las condiciones laborales con el fin de disminuir el famoso fenómeno de la "fuga de cerebros".

Cómo combatir la contaminación del aire en Singapur y México

ERIK VELASCO SALDAÑA

evelasco@smart.mit.edu

SINGAPORE-MIT ALLIANCE FOR RESEARCH AND TECHNOLOGY,
CENTER FOR ENVIRONMENTAL SENSING AND MODELING, SINGAPORE.

Singapur es una ciudad-estado del sureste asiático que ha alcanzado un gran desarrollo económico en sólo 50 años. Con el objetivo de diversificar y reforzar su economía, se ha diseñado un ambicioso plan para convertirse en un centro mundial de conocimiento e innovación. Actualmente destina 2.3 por ciento de su producto interno bruto a ciencia y tecnología.

El establecimiento de colaboraciones con universidades y centros de investigación internacionales ha sido fundamental en la innovación tecnológica e investigación científica. En el año 2012 la Fundación Nacional para Investigación de Singapur creó el Campus de Investigación de Excelencia e Iniciativa Tecnológica (CREATE, por sus siglas en inglés). En CREATE científicos de 10 universidades internacionales, como el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés), la Universidad Tecnológica de Múnich (TUM, por sus siglas en inglés) y el Instituto Federal Suizo de Tecnología (ETH, por sus siglas en inglés), entre otras, conviven con científicos de universidades y centros de investigación locales.

Una de dichas colaboraciones es la Alianza Singapur-MIT en Investigación y Tecnología (SMART, por sus

siglas en inglés). Esta última cuenta con cinco grupos interdisciplinarios de investigación, uno de ellos es el Centro de Monitoreo y Modelación Ambiental (Censam, por sus siglas en inglés), el cual investiga las relaciones entre el entorno natural y urbano, y provee información científica para el diseño de políticas y estrategias ambientales que contribuyan al desarrollo sustentable de Singapur.

Este marco institucional nos ha permitido formar un programa de trabajo enfocado a investigar el impacto de las actividades humanas en la calidad del aire y emisión de gases de efecto invernadero en ciudades tropicales. Hasta la fecha, la atmósfera de éstas ha sido muy poco estudiada, a pesar de que están experimentando los mayores índices de urbanización en la historia de la humanidad.

Nuestro programa de investigación está dividido en tres campos: 1) gestión de la calidad del aire, 2) contaminación en microambientes y 3) cambio climático, ilustrados en la figura 1. Nuestros proyectos tienen el objetivo de producir información científica que contribuya a la elaboración de políticas ambientales para abatir la contaminación del aire, reducir



Figura 1. Temas de investigación sobre contaminación del aire y cambio climático en ciudades tropicales de SMART.

las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar los impactos simultáneos del cambio climático, y la urbanización. El estudio minucioso de las fuentes de emisión, mecanismos químicos y físicos de formación, transformación, dispersión y destino final de contaminantes y gases de efecto invernadero en la atmósfera de Singapur, genera conocimiento e información que también pueden usarse en el diseño de estrategias para otras ciudades en los trópicos, incluyendo las de México y otros países latinoamericanos.

Es importante señalar que nuestros datos y resultados están abiertos a la comunidad científica y sociedad, ya que los ciudadanos son quienes soportan nuestra labor con el pago de sus impuestos. Para ello trabajamos de manera estrecha con periodistas y medios de comunicación, que nos ayudan a difundir nuestros resultados de manera comprensible. Estamos convencidos de que la percepción y confianza que el público tenga de sus científicos es fundamental para solucionar problemas como la contaminación del aire. Sin embargo, la solución de fondo recae en

la educación y formación de recursos humanos, por lo que siempre invitamos a estudiantes a participar en nuestros proyectos.

A continuación se describen brevemente los estudios que hemos realizado en años recientes, así como otros aún en marcha. En varios de estos proyectos hemos contado con la colaboración de científicos mexicanos. Estamos trabajando con colegas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (Simat), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y el Centro Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente (MCE2) en proyectos relacionados con la contaminación del aire en la Ciudad de México.

Gestión de la calidad del aire

Una de las mayores preocupaciones ambientales y de salud pública en nuestra vida moderna es la contaminación del aire. Se estima que anualmente 7 millones de personas en el mundo fallecen de manera





21 de junio de 2013, 10:00 horas



21 de julio de 2013, 10:00 horas

Figura 2. Vista del cielo de Singapur durante la crisis de contaminación atmosférica desencadenada por los incendios agrícolas en la isla vecina de Sumatra y durante un día sin contaminación un mes después.

prematura a causa del aire sucio que respiran y en ciudades contaminadas se reduce al menos un año su expectativa de vida. No se ha encontrado un límite inferior en que la contaminación no cause daño. Al contrario, los vínculos entre la mala calidad del aire y sus efectos en la salud son cada vez más evidentes. La exposición a contaminantes atmosféricos puede causar daños a corto y largo plazo; la mayoría hemos experimentado alguna vez irritación de ojos y nariz, fatiga y dolor de cabeza. Muchas enfermedades respiratorias y cardiovasculares están estrechamente relacionadas con la contaminación del aire. Incluso, estudios más recientes sugieren que la exposición prolongada a contaminantes puede causar diabetes, aterosclerosis y envejecimiento prematuro del cerebro, entre otros padecimientos. El tratamiento de estas enfermedades representa una fracción importante del presupuesto asignado a salud pública en todos los países. Si se agregan los costos por pérdida de horas de trabajo y baja productividad relacionados con ellas, sin contar la disminución en la calidad de vida, los costos económicos asociados con la contaminación del aire son inmensos.

Singapur está lejos de ser una ciudad extremadamente contaminada como muchas otras del sureste asiático, como Yakarta, Bangkok, Manila y Hanói; sin embargo, no está exenta. Los niveles de partículas finas, referidas también como partículas con un diámetro $\leq 2.5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$) no cumplen con los están-

dares internacionales. De hecho, las concentraciones de estas partículas son sólo un poco inferiores a las observadas en la Ciudad de México. Las emisiones vehiculares, junto con las de la industria, refinerías, astilleros y transporte marítimo son en parte las causantes de la contaminación. Singapur cuenta con un complejo de refinerías muy importante y su puerto es el más concurrido en el mundo. Todas las embarcaciones que parten de China hacia Europa pasan por las costas de esta pequeña isla-estado. Además, hay que sumar las emisiones de las ciudades vecinas de Johor-Bahru y Batam en Malasia e Indonesia, respectivamente. Así como las de aerosoles del mar y compuestos reactivos de los bosques tropicales de la región, que al mezclarse con las de origen antropogénico incentivan la formación de nuevos contaminantes como el ozono y las llamadas 'partículas secundarias'.

Una fuente adicional de contaminación son las quemas agrícolas en las plantaciones de palmas aceiteras en las islas vecinas de Sumatra y Kaliman-

**Anualmente
alrededor de
7 millones
de personas en el
mundo mueren por la
contaminación
del aire**

tan, Indonesia. Los bosques majestuosos descritos por Emilio Salgari en su novela *Los tigres de Malasia* ya no existen más, pues tristemente han sido reemplazados por estas plantaciones. Campesinos, compañías y autoridades aprovechan el clima relativamente seco de junio a octubre para quemar sus desechos agrícolas, lo que provoca nubes de humo que obscurecen el cielo de la región. En junio de 2013, estos incendios inducidos desencadenaron los niveles más altos de contaminación registrados en Singapur (figura 2). Nuestros estudios sugieren que las concentraciones de partículas finas alcanzaron 600 micrómetros por metro cúbico ($\mu\text{m}/\text{m}^3$) durante dos días consecutivos. Esta concentración es 10 veces superior a la de los niveles máximos observados en la Ciudad de México.

Nuestra contribución en este campo es ayudar a fortalecer las herramientas de la gestión de la calidad del aire desarrollando una metodología para evaluar el impacto de la contaminación en la sociedad y la eficacia de las medidas de control. En trabajos pasados hemos revisado y propuesto acciones enfocadas a mejorar el monitoreo atmosférico, crear y verificar inventarios de emisiones y desarrollar capacidades para aplicar modelos numéricos con el objetivo de

pronosticar la transformación y dispersión de contaminantes en la región.

Muchas de nuestras propuestas y recomendaciones para Singapur provienen de nuestra experiencia en la investigación y gestión de la calidad del aire en México. Actualmente colaboramos con colegas del Simat en la evaluación de compuestos precursores de ozono.

Contaminación en microambientes urbanos

La evaluación de la calidad del aire se realiza con redes de estaciones de monitoreo atmosférico, que cada hora reportan las concentraciones de los llamados 'contaminantes criterio': ozono, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, las ya mencionadas $\text{PM}_{2.5}$ partículas con diámetro $\leq 10 \mu\text{m}$ (y PM_{10}) a escala regional o municipal y se usan para la regulación ambiental y prevención a la población. Por lo general, las estaciones de monitoreo se colocan en sitios donde sus mediciones sean representativas de toda la región y no de un microambiente en particular. Las azoteas de edificios cumplen bien este objetivo. Sin embargo, sus registros no siempre corresponden a la contaminación a la que los ciudadanos están expuestos durante sus

Figura 3. Estudiante midiendo contaminantes en microambientes asociados con el transporte público de Singapur.



Figura 4. Medición de partículas y otros contaminantes en calles y callejones del barrio hindú de Singapur.



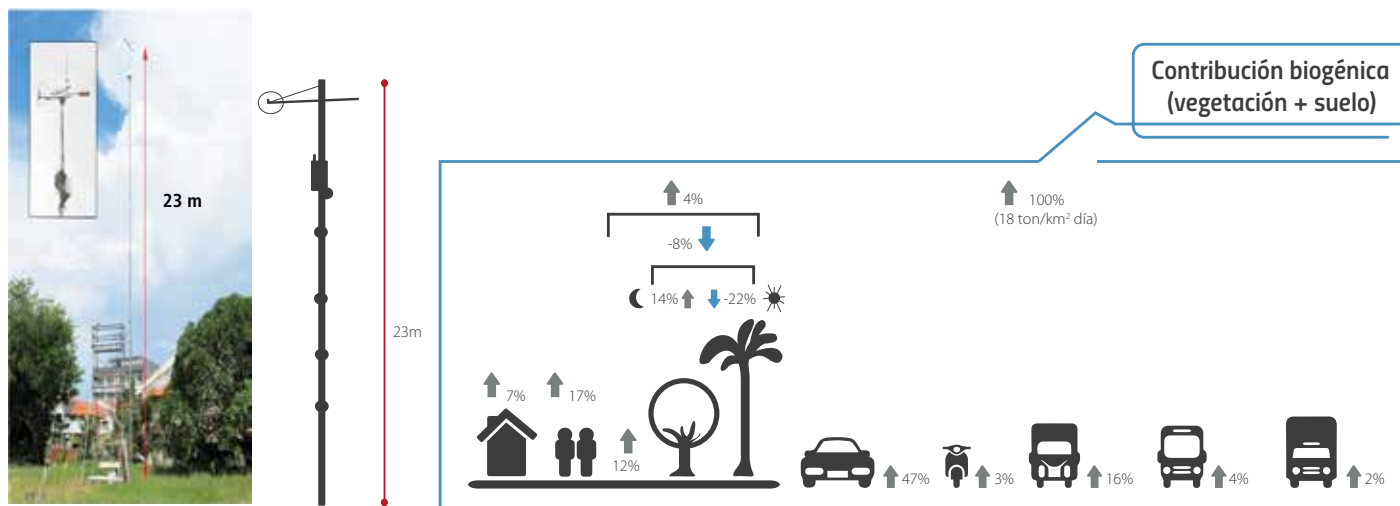


Figura 5. Torre de flujos en el distrito residencial de Telok Kurau, Singapur. Con esta torre medimos flujos de CO₂ y evaluamos la contribución de las diferentes fuentes de emisión y sumideros. Es un proyecto de colaboración entre SMART y la Universidad Nacional de Singapur.

actividades diarias; pues muchas personas experimentan concentraciones mayores de contaminantes durante los viajes diarios a sus trabajos o escuelas, al igual que cuando se encuentran en proximidad a las fuentes de emisión, ejemplo de ello, al caminar junto a calles congestionadas.

Para investigar los niveles de contaminación, en específico de partículas finas, a la que estamos expuestos en lugares públicos y medios de transporte, hemos realizado una serie de mediciones con monitores portátiles (figura 3). Por ejemplo, recientemente evaluamos la dosis de partículas que los viajeros respiran cuando se trasladan de un punto a otro de la ciudad considerando su esfuerzo físico, tiempo de traslado y niveles de contaminación dentro del medio de transporte y microambientes asociados como estaciones de autobús. En el recorrido estudiado encontramos que viajar en metro representa la menor exposición a partículas, seguido por viajes en autobús público y taxi; la peor opción es ir a pie. Las estaciones de autobús resultaron ser el microambiente potencialmente más dañino, puesto que el tamaño de las partículas que se respiran ahí es tan pequeño (26 nm) que alcanzan los alvéolos en los pulmones y de ahí entran al flujo sanguíneo con la posibilidad de alcanzar cualquier órgano del cuerpo.

Con los mismos monitores y las extensas bases de datos sobre parámetros urbanos disponibles en Singapur, como uso de suelo, tráfico vehicular, densidad poblacional, ubicación de comercios y tipo de construcción, diseñamos una serie de mediciones en calles y callejones del barrio hindú, conocido como “India pequeña”, para evaluar los niveles de contaminación que experimenta la población (figura 4). Para ello entrenamos el modelo de redes neuronales Mapas de Auto Organización (SOM, por sus siglas en inglés) para encontrar las relaciones no lineales entre 80 parámetros urbanos y siete variables de las partículas medidas. Esto nos permitió determinar la distribución de la concentración de partículas con una resolución espacial de 100 m², y definir el número necesario y sitios propicios para el diseño de una red de monitoreo a nivel de piso.

Cambio climático: causas e impacto en ciudades tropicales

Aunque las ciudades ocupan no más de 5 por ciento de la superficie del planeta, son responsables de 70 por ciento de las emisiones de gases de efecto invernadero. Por ello es fundamental entender los procesos que las hacen ser las mayores fuentes de emisión para diseñar estrategias efectivas de mitigación del cambio climático. Cabe señalar que las fuentes

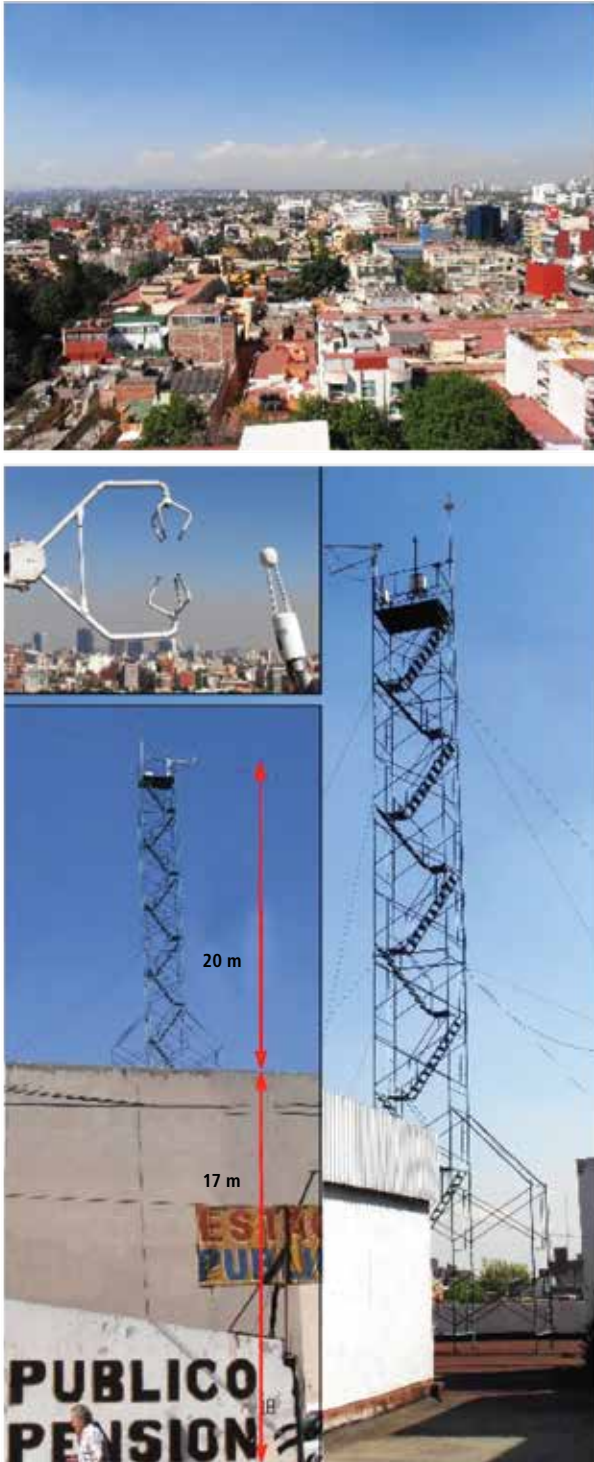


Figura 6. Torre de flujos en la Colonia Escandón de la Delegación Miguel Hidalgo en la Ciudad de México. Con esta torre se midieron flujos de CO₂ y energía (calor sensible y latente, radiación solar). Dichas mediciones ayudaron a evaluar la precisión del inventario de gases de efecto invernadero de la Ciudad de México.

de emisión de contaminantes en muchas ocasiones también son emisoras de gases de efecto invernadero, por lo que es necesario revisar de manera conjunta el problema de la contaminación atmosférica y el cambio climático.

Para reducir las emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero se necesita primero conocer de manera precisa su magnitud y fuentes de emisión. Con los factores de emisión e información de las actividades económicas y consumo de combustible se determinan dichas emisiones. La construcción de inventarios de estas últimas es trabajo de las autoridades por la información y actividades de gestión involucradas. Sin embargo, los científicos tenemos la tarea de desarrollar metodologías que mejoren y verifiquen la estimación de las emisiones.

En este contexto, hemos aplicado técnicas micrometeorológicas para medir flujos de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases contaminantes. La medición directa de estos flujos, que se realiza con las llamadas torres de flujos en combinación con técnicas indirectas, nos ha permitido evaluar las emisiones reportadas por los inventarios de emisión e identificar fuentes y sumideros no contabilizados. En Singapur tenemos una torre de flujos en un sitio residencial desde 2010, en colaboración con la Universidad Nacional de Singapur (figura 5). Sus resultados nos han ayudado a determinar la aportación de CO₂ por las diferentes fuentes de emisión. No es sorprendente que la principal fuente sea el tráfico vehicular, pero sí lo es la contribución de los vecinos con su propia respiración y que las áreas verdes no actúen como sumideros de CO₂, sino que al considerar la respiración del suelo tengan una aportación positiva a la emisión total.

La contribución por respiración humana depende principalmente de la densidad poblacional, mientras que el aporte biogénico depende del tipo y tamaño de los árboles, así como de la extensión de la superficie sin pavimentar disponible para la respiración del



ERIK VELASCO SALDAÑA

- Realizó el Doctorado en Ingeniería Ambiental en la Universidad Estatal de Washington y estancias postdoctorales en la Universidad Nacional de Singapur. Además, ha realizado investigación aplicada en contaminación del aire, emisiones de gases de efecto invernadero y climatología en ciudades (sub)tropicales para elaborar estrategias y políticas ambientales que aminoren su impacto.

suelo. En ecosistemas naturales la respiración de las raíces y microorganismos subterráneos es la principal fuente de emisión de carbono a la atmósfera. Los resultados en Singapur han sido contrastantes con nuestros estudios en la Ciudad de México. Con apoyo del INECC, el MCE2, y el Simat medimos flujos de CO_2 en la colonia Escandón durante 15 meses entre 2011 y 2012 (figura 6). Encontramos que las áreas verdes, aunque de manera no muy significativa por la magnitud de las emisiones antropogénicas, secuestran 1.4 por ciento de las emisiones totales de CO_2 en esa colonia.

Estos resultados sugieren que es necesario revisar las políticas de reforestación y desarrollo urbano, de manera que se protejan los árboles adultos y se dé prioridad a especies de tamaño grande. El secuestro de carbono depende de la biomasa y no del área total ocupada por jardines y parques.

Por la importancia que tiene la respiración del suelo en el balance total del carbono, en meses recientes iniciamos un estudio para evaluar la producción de CO_2 *in situ* en céspedes de jardines en ciudades tropicales (figura 7). Esperamos que los resultados ayuden a obtener una estimación más precisa de la emisión total de CO_2 en zonas urbanas, al considerarlas como ecosistemas completos.

Con las mismas torres de flujos evaluamos el balance de energía en la atmósfera. La energía proveniente del sol, más el calor generado por las actividades antropogénicas, se divide en tres componentes: el primero corresponde al calor sensible, que, como su nombre lo indica, es el calor que sentimos; el segundo es el asociado con la humedad del aire, conocido también como 'calor latente'; mientras



Figura 7. Nuestros estudios en Singapur sobre secuestro urbano de carbono incluyen mediciones de la respiración del suelo.

que el tercero es la radiación solar que captura la superficie de la ciudad durante el día, pero que es liberada en el transcurso de la noche. La liberación de esta energía da lugar a la isla de calor, la cual es la diferencia entre la temperatura dentro de la ciudad y en zonas rurales aledañas. En Singapur la isla de calor alcanza entre 4°C y 5°C en la madrugada, con máximos de hasta 7°C . Además de tener un impacto en la climatología y confort humano, la isla de calor está asociada con un mayor consumo de electricidad por el uso de aire acondicionado y, por ende, con una mayor emisión de CO_2 a la atmósfera. Este aumento en el uso de aire acondicionado, frecuentemente desmedido, explica en parte que la huella de carbono per cápita en Singapur esté entre las más altas del mundo. En promedio un singapurense tiene una huella de carbono de 16 toneladas anuales de CO_2 equivalente, mientras que la de un mexicano es de seis toneladas.



Imagen: www.desdelbalcon.com

El valor social de la conservación en los jardines botánicos

MARGARITA CLARISA JIMÉNEZ BAÑUELOS
LILIA EMMA CARRILLO SÁNCHEZ
VERÓNICA FRANCO TORIZ
JARDÍN BOTÁNICO REGIONAL
ROGER ORELLANA DEL CENTRO DE
INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE YUCATÁN A.C.

Los jardines botánicos (JB) han sido parte fundamental del patrimonio de los grupos humanos desde la época de los sumerios y egipcios. En México, los primeros se desarrollaron durante la época precolombina y fueron concebidos como una red de jardines con el propósito de abastecer a la clase privilegiada de plantas medicinales, ornamentales y aromáticas, tal como mencionan Andrew P. Vovides y colaboradores en "¿Qué es un jardín botánico?", en *Jardines botánicos en México: historia y perspectiva*.

En la época moderna, a partir de la década de 1970, el incremento en la formación de jardines botánicos en México fue exponencial y el valor en la conservación de los recursos vegetales fue considerado una de las principales actividades para desarrollar en estos lugares.

Aunque existe una amplia gama de jardines botánicos: de exhibición, ornamentales, medicinales, educativos, entre otros, como menciona Andrew P. Vovides y col. en la publicación "Concepto y tipo de jardines botánicos", en *Jardines botánicos en México: historia y perspectiva*, todos ellos se caracterizan por tener colecciones de plantas registradas, identificadas, catalogadas y etiquetadas; acompañadas por actividades de investigación, educación y conservación.

Los jardines botánicos regionales, como el Jardín Botánico Regional Roger Orellana del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), desarrollan sus colecciones en sitios con características climáticas, edáficas y topográficas muy específicas; muchas de las plantas que las integran crecen de forma silvestre en el área destinada al jardín botánico. Este tipo de conservación es conocida como *inter situ*, ya que las colecciones pueden desarrollarse sin mucha intervención, pues están dentro del ecosistema al que pertenecen. En este tipo de jardines también puede llevarse a cabo la conservación *in situ*, cuando algunas colecciones son parte del entorno natural donde el jardín fue establecido. El caso de los *arboretum* es el mejor ejemplo de conservación *in situ*.

Existe otro tipo de conservación conocido como *ex situ*. Tal como lo indica la "Estrategia mundial para la conservación en los jardines botánicos", publicado en la *Agenda internacional para la conservación en jardines botánicos*, lo define como:

El mantenimiento de organismos fuera o lejos de su hábitat natural, en jardines botánicos, bancos de germoplasma, o por almacenamiento en forma de semillas, polen, propágulos vegetativos o cultivos de células o tejidos.

De acuerdo con este documento, el propósito de la conservación *ex situ* es promover el cuidado y protección, como parte de una estrategia general para conservar especies y sus hábitats.

Este tipo de conservación ha sido primordial a través de los años para resguardar el germoplasma vegetal, que incluso ha desaparecido de los ambientes naturales. En sinnúmero de ocasiones los JB han sido considerados como el "arca de Noé" del mundo vegetal, ya que albergan una gran cantidad de plantas, que sirven para restaurar sitios perturbados por fenómenos meteorológicos o por actividades antropogénicas y, por consiguiente, han sufrido la devastación de sus paisajes.

La enorme labor en la conservación del patrimonio vegetal en JB se extiende a una serie de actividades que, además del mantenimiento y cuidado de las plantas, involucra acciones científicas y de conocimiento relacionadas con los grupos taxonómicos que permanecen en las colecciones. También conlleva actividades que fomentan el interés y actitudes positivas hacia la naturaleza por medio de programas de investigación, educación, cultura y recreación, dirigidas a todo público.

Una actividad sumamente importante en los JB es la reproducción de especies nativas, ya que es una acción que contribuye a conservar los recursos vegetales, pero al mismo tiempo, es una práctica indispensable para promover el uso de plantas de la región con propósitos de reforestación, restauración e, incluso, para la jardinería ornamental, de tal forma, que el acervo genético se distribuya en varios sitios y se asegure la permanencia del recurso. Esta práctica del uso de las plantas nativas debe hacerse llegar a la sociedad y los JB son el enlace perfecto para ello, ya que entre sus actividades sustanciales está la de educación y sensibilización de la sociedad.



Los programas educativos en los JB hacen especial énfasis en transmitir información en el tema de la conservación y motivan a tomar acciones concretas en la vida cotidiana, que beneficien de manera local con un impacto global. La información que se ofrece en los recorridos guiados en el tema de recursos naturales permite un acercamiento importante a la biodiversidad, lo que, a su vez, hace apreciarla y, por consiguiente, reconocer el valor que tiene la naturaleza como proveedora de servicios ambientales.

¿Cómo se integran la conservación *ex situ* y la *in situ* en los JB?

Durante años la interacción de los JB con las poblaciones, comunidades o ejidos se limitaba a una simple presentación entre las autoridades y los colectores, o bien, las colectas de material biológico se realizaban en expediciones dentro de los bosques y selvas del país, alejadas de centros urbanos.

En 1992 se redactó el *Convenio para la Diversidad Biológica* (CDB), donde se destacan acciones ambientales y sociales para la conservación del hábitat natural y en donde se considera fundamental el método *in situ* y la adopción de medidas *ex situ*, en los ámbitos local, regional, nacional e internacional, vinculando la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales para satisfacer las necesidades de generaciones presentes y futuras.

En el año 2000 la Asociación Mexicana de Jardines Botánicos promovió la *Declaratoria Oaxaca 2003* (DO), en la que:

Se establecen los principios de acceso y reparto o participación en los beneficios directrices para el desarrollo de políticas



■ Obtuvo la Maestría en Recursos Naturales por la Universidad de Wisconsin. En la actualidad es subdirectora del Jardín Botánico Regional Roger Orellana del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

comunes [...] y se acepta la normatividad de la distribución justa y equitativa de los beneficios de la diversidad biológica [...] en esta declaración se incluye además del recurso genético, conocimiento tradicional e información científica ligada con la flora.

Con base en el CDB y DO, los JB están comprometidos a establecer vínculos más estrechos con las comunidades y ejidos, que son los poseedores ancestrales de los recursos naturales. El camino que se ha seguido es la vinculación de la ciencia y el conocimiento tradicional e incluso se ha mantenido, de común acuerdo, el germoplasma de recursos de interés alimenticio, ritual, medicinal, entre muchos otros. La brecha disminuye cada día y gracias a los esfuerzos de todas las partes involucradas, hoy es posible desarrollar proyectos conjuntos que aseguran la permanencia de la riqueza vegetal en México.

Un ejemplo de conservación *ex situ*, y los beneficios en la conservación *in situ*

Lippia graveolens u orégano de monte es una planta silvestre de aroma inconfundible y rica en aceites naturales, ampliamente comercializada a nivel nacional. Su aprovechamiento se lleva cabo principalmente por las mujeres y la forma tradicional de comercialización es la recolecta de poblaciones silvestres.

Desde hace más de cinco años, el CICY ha colaborado con la comunidad de Nohuayum, Yucatán, y el grupo de mujeres organeras de Mayab, tal como lo menciona Luz María Irbien Calvo en el *Manual para el manejo, la propagación y la conservación del orégano*:

Para lograr un manejo integral del orégano mexicano que permita el reparto equitativo de los beneficios y que favorezca la conservación y manejo sustentable del recurso y los sistemas en los que dicha especie se desarrolla. Con apoyo de Conafor, Conacyt, Semarnat, Canabio-GLZ y CICY, se logró el establecimiento de una parcela demostrativa para el cultivo y manejo del orégano mexicano bajo un esquema de cultivo orgánico.

A partir del proyecto en el Jardín Botánico Regional Roger Orellana, se desarrolló una colección de plantas aromáticas, que incluye 23 especies y en la que se destaca el orégano de monte. Esta colección se ha integrado a los recorridos guiados, lo cual ha resultado de gran interés para el público visitante de todas las edades. Además, como consecuencia, las parcelas silvestres de *Lippia graveolens*, ahora cuentan con un plan de manejo muy provechoso para la conservación de las plantas en su hábitat natural y para las mujeres, que pueden comercializarla de manera sustentable.

Está claro que los jardines botánicos aún tienen desafíos que enfrentar en cuanto a la conservación, por lo que los esfuerzos deberán multiplicarse y extenderse hacia todos los rincones de la sociedad. Falta mucho por hacer, pero estas acciones se encaminan a la permanencia de los recursos y de los paisajes naturales. Se está generando el cambio y se espera que sea con un efecto dominó que la suma de pequeñas acciones logre hacer la gran diferencia. ☺



Conoce las redes dentro de nuestro cerebro

ALFONSO ALBA CADENA
MARTÍN MÉNDEZ
FACULTAD DE CIENCIAS

El cerebro es el órgano más complejo del cuerpo de la mayoría de los animales vertebrados. El del humano está formado por billones de células nerviosas llamadas 'neuronas' que se encuentran interconectadas entre sí para formar una red complejísima (más que el internet).

Para establecer la comunicación, las neuronas emiten impulsos eléctricos entre sí, cuya magnitud es muy pequeña y sólo se pueden detectar mediante la colocación directa de microelectrodos en la corteza cerebral. Dicho procedimiento es sumamente invasivo, sólo se le realiza a personas que se someterán a algún tipo de cirugía cerebral y animales como ratas y monos.



Cuando un grupo suficientemente grande (varios millones) de neuronas cercanas entre sí emiten impulsos de manera simultánea y sincronizada, el efecto combinado de todas ellas puede registrarse por medio de sensores colocados sobre el cuero cabelludo, con equipo relativamente barato y fácil de construir. A estos grupos de neuronas se les suele denominar 'ensambles neuronales', en efecto, pueden compararse con un ensamble de cuerdas o de metales en una orquesta. Durante la ejecución de una pieza musical, algunos instrumentos pueden sincronizarse y tocar exactamente la misma parte durante ciertos pasajes, o distintas voces durante otros. Asimismo, una neurona puede sincronizarse con cierto grupo durante alguna actividad o tarea cognitiva (como sumar, memorizar o tomar decisiones), y con otro grupo durante una actividad distinta. En este sentido, se piensa que la formación de ensambles neuronales es un reflejo de la actividad funcional del cerebro, y es, por lo tanto, dinámica, lo cual quiere decir que estos ensambles surgen, se mantienen durante cierto tiempo y posteriormente se desintegran para formar otros nuevos.

Desde el punto de vista funcional, cada ensamble neuronal realiza una operación específica como parte de la ejecución de una tarea cognitiva. Por ejemplo, imaginemos que alguien nos muestra una fotografía de cierto lugar y nos pregunta si lo hemos visitado. Para responder la pregunta, nuestro cerebro realiza una serie de procesos que involucran, entre otros, la visión, acceso a la memoria, reconocimiento e identificación de objetos, toma de decisiones, hasta finalmente llegar al control del habla. Cada uno de estos procesos de alto nivel puede requerir la formación de múltiples ensambles neuronales para llevarse a cabo, cuya duración es apenas de una fracción de segundo. Estos suelen interactuar entre sí, compartiendo información a través de enlaces de largo alcance, ya que se localizan en distintas partes del cerebro. En otras palabras, existe también una sincronización de largo alcance que puede presentarse entre dos o más ensambles neuronales.

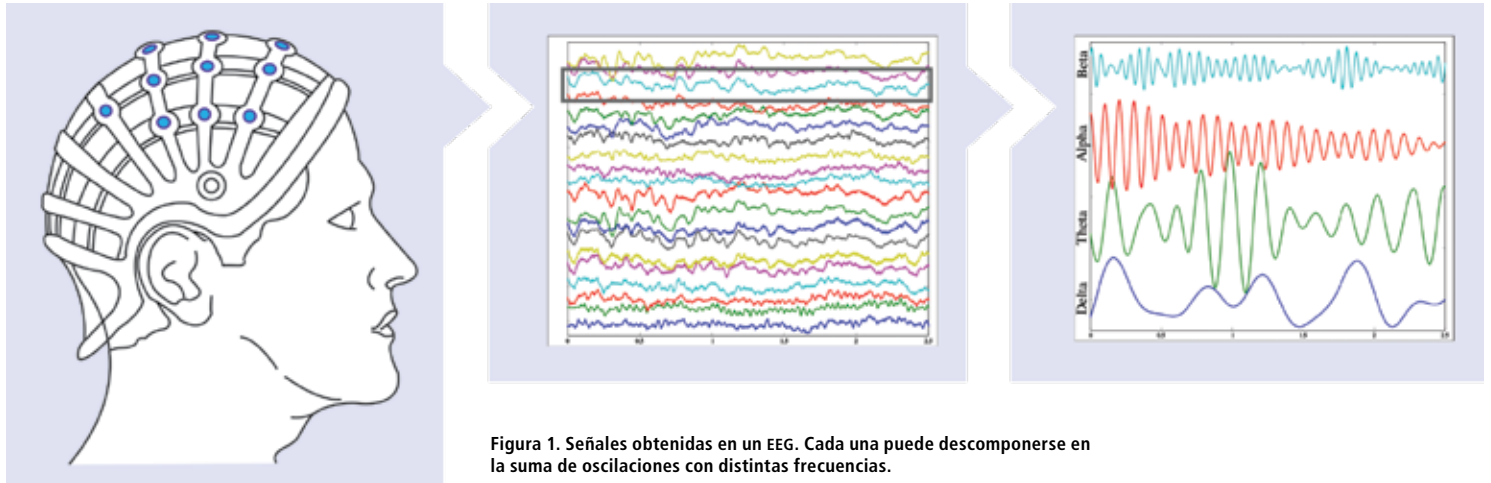


Figura 1. Señales obtenidas en un EEG. Cada una puede descomponerse en la suma de oscilaciones con distintas frecuencias.

¿Cómo se observa la actividad eléctrica del cerebro?

Al registro de la actividad eléctrica de un grupo de neuronas se le conoce como 'electroencefalograma' (EEG). Cada sensor sólo puede registrar la actividad de las neuronas en un área relativamente pequeña de la corteza cerebral, por lo que en los estudios modernos de EEG se suelen colocar múltiples sensores a lo largo y ancho del cuero cabelludo, para registrar la actividad de todo el cerebro. El número de sensores varía en cada estudio, pero suele estar entre 20 y 256. Cada uno registra cientos de mediciones por segundo; esto es necesario, ya que la actividad cerebral es extremadamente dinámica, con episodios que pueden durar una fracción de segundo.

La información que se obtiene del EEG consiste en señales que con el tiempo muestran un comportamiento oscilatorio. Desde hace varias décadas se han asociado distintos estados emocionales y de atención con la frecuencia de las oscilaciones del EEG. En realidad, en éste aparecen muchas de estas frecuencias superpuestas, por lo que en ocasiones se requiere el uso de herramientas matemáticas y computacionales para identificar y aislar las frecuencias de interés.

Sincronía neuronal de largo alcance

Como hemos mencionado, durante los procesos que ocurren en el cerebro se forman ensambles de neuronas que de alguna manera están sincronizadas entre sí, y que además es posible que múltiples ensambles neuronales se comuniquen y sincronicen para transferir información entre ellos, aún cuando se localicen en regiones muy distintas del cerebro. A este segundo tipo de sincronía se le denomina 'sincronía de largo alcance'.

Una de las técnicas más comunes para estudiar esta última es a través del análisis de las señales que se obtienen en distintas partes del cerebro en el EEG. Si las señales de dos sensores son similares, entonces es posible que eso sea un reflejo de la existencia de un enlace entre los ensambles neuronales subyacentes. Por supuesto, estos enlaces se crean y destruyen dinámicamente, por lo que suele ser necesario analizar la sincronía o similitud de las señales de EEG en distintos instantes. Asimismo, si no se sabe de antemano cuáles son las regiones del cerebro involucradas en cierta tarea, habrá que explorar la interacción entre las señales provenientes de todos los sensores. La cantidad de información que se obtiene de un estudio como éste es enorme. Por ejemplo, supongamos

que se realiza un exploratorio para ver cómo se comporta el cerebro durante la ejecución de una tarea simple que dura dos segundos. Para esto se cuenta con un grupo de 20 personas que realizarán dicha tarea mientras se registra su EEG y una la realizará 20 veces; esto es necesario ya que existe mucha variabilidad entre la actividad cerebral de distintas personas, e incluso en una sola al realizar múltiples veces la misma tarea. Digamos que el sistema de EEG cuenta con 20 sensores, y cada uno registra 200 mediciones por segundo; ya que son 20 sensores, el número de parejas de sensores entre las cuales se puede evaluar la sincronía es 190.

Entonces, el número de datos que obtendremos de este experimento es de 20 personas X 20 tareas X 190 parejas de sensores X 200 mediciones X 2 segundos = 30.4 millones. Más aún, podríamos estar interesados en

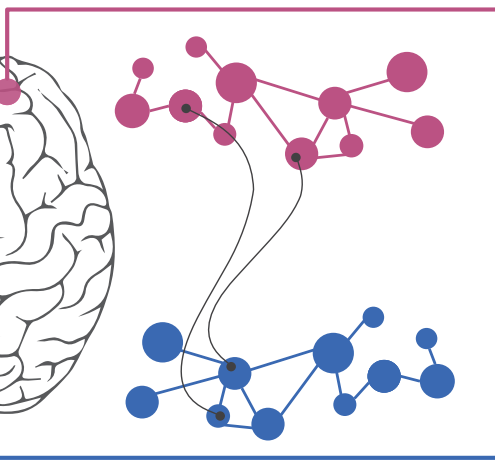


Figura 2. En el cerebro, las redes formadas por grupos de neuronas interconectadas entre sí pueden sincronizarse a través de enlaces de larga distancia. (Imagen tomada de Varela et al., del artículo "The brainweb: phase synchronization and large-scale integration" en la revista *Nature Reviews Neuroscience*.

aislar la actividad del EEG en distintas frecuencias, las cuales se pueden ver como canales de transmisión de información (así como las frecuencias del radio). De manera que si se tienen 20 frecuencias de interés, entonces nuestro pequeño experimento reportará 608 millones de datos que habrá que analizar para determinar cuáles regiones del cerebro se sincronizan con cuáles otras, a través de qué canales de frecuencia y en qué intervalos.

Estudios recientes en la UASLP

Algunos investigadores de la Facultad de Ciencias colaboramos con otras instituciones

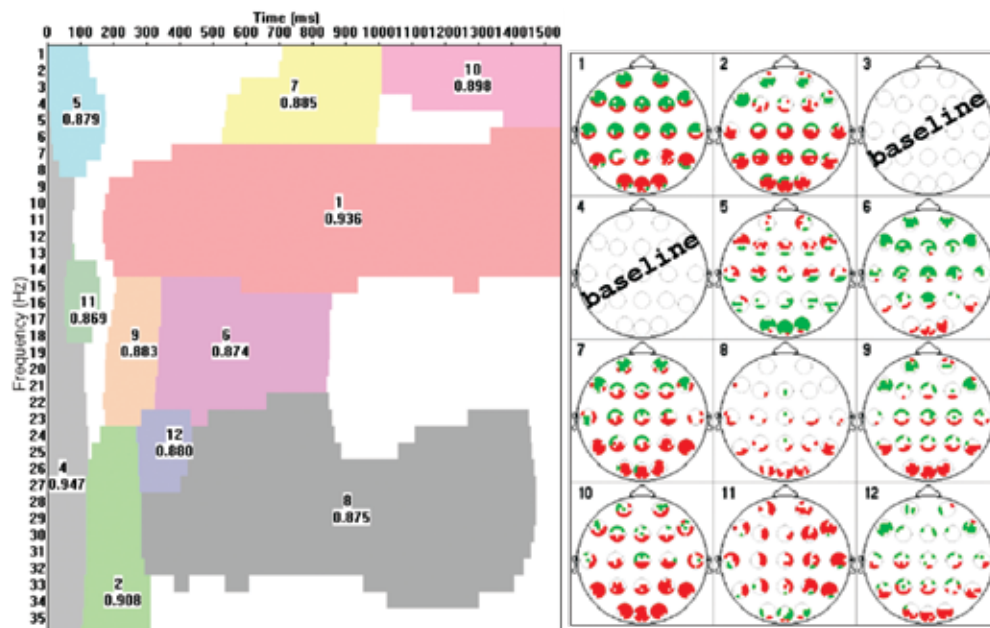
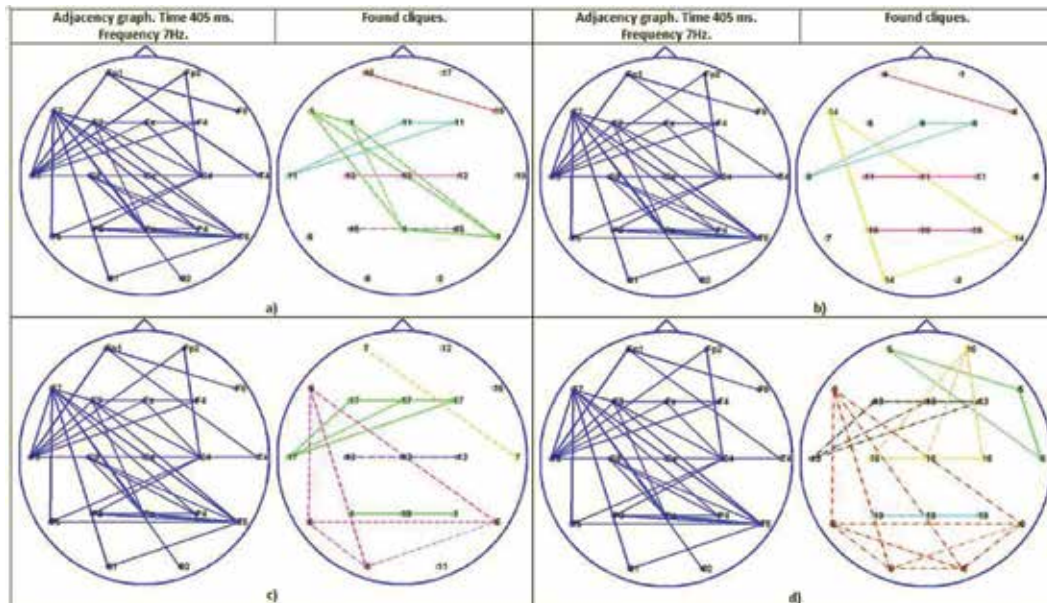


Figura 3. El panel izquierdo muestra un mapa de procesos cerebrales que ocurren a diferentes tiempos (eje horizontal) y frecuencias (eje vertical) durante un experimento. El panel derecho muestra el patrón de conectividad asociado a cada proceso.

Figura 4. Detección de subredes altamente conectadas en los patrones de conectividad cerebral.



en el estudio de la conectividad cerebral y sincronía en EEG; entre ellas, el Centro de Investigación en Matemáticas (Cimat), el Instituto de Neurobiología de la Universidad Nacional Autónoma de México (INB-UNAM) y el Politécnico de Milán. Uno de los problemas en los que se ha trabajado tiene que ver con la gran cantidad de datos y la necesidad de presentarlos de una manera resumida para resaltar los patrones de mayor interés. Utilizando herramientas como el cómputo estadístico y la inteligencia artificial, hemos diseñado un sistema de visualización que permite exponer los resultados de un experimento en una sola gráfica, que tiene dos partes: la primera es un mapa tiempo-frecuencia que muestra los intervalos y bandas de frecuencia durante los cuales se establece un patrón de interconexiones entre las distintas regiones del cerebro; la segunda parte muestra a detalle cada uno de los patrones de interconexión asociados a la primera gráfica.

Es de esperarse que los patrones de interconexión que se obtienen cuando el número de sensores es grande, puedan ser muy complejos. En muchos casos existen grupos de

regiones que están fuertemente conectados entre sí, formando una especie de clúster de procesamiento. Actualmente, estamos desarrollando un procedimiento para identificarlos y evaluar el grado de interconexión entre distintos clústeres, para obtener una representación de la conectividad dinámica cerebral a distintas escalas.

Los patrones de interconexión que se observan a través de la sincronía de señales de EEG cambian de manera continua, por lo cual son sumamente impredecibles. En fechas recientes hemos descubierto que en ciertos eventos del sistema nervioso central que ocurren durante el sueño, la sincronía entre regiones cerebrales se vuelve más predecible por un lapso y al cabo de unos cuantos segundos regresa a su comportamiento habitual.

Perspectivas a futuro

El estudio de la sincronía de largo alcance entre regiones cerebrales es relativamente novedoso (los primeros estudios tienen poco más de 20 años), por lo que aún se desconocen muchos de los procesos y mecanismos involucrados en la integración de las distintas



ALFONSO ALBA CADENA

Realizó su doctorado en el Centro de Investigación en Matemáticas, A.C. Es profesor investigador en la Facultad de Ciencias de la UASLP y trabaja en el proyecto Análisis de señales biomédicas durante el sueño, Aplicaciones de la función de correlación de fase.

regiones del cerebro. Esto proporciona un amplio panorama de exploración e investigación para realizar nuevos descubrimientos que ayuden a entender su funcionamiento.

Asimismo, desde hace poco se ha buscado caracterizar los patrones de interconectividad del cerebro desde el punto de vista de redes de transporte, comunicaciones, sociales, entre otras. Resulta que, al igual que muchas redes que se dan de forma natural, el cerebro se comporta como una red de mundo pequeño, donde suele existir una ruta corta que conecta a dos nodos cualesquiera (aún cuando sean relativamente lejanos). Sin embargo, aún falta mucho trabajo por hacer para entender las implicaciones de tal hallazgo.

Con la intención de comprender a mayor profundidad la interconectividad neuronal, nuevos estudios hacen uso de técnicas avanzadas de imagenología como la resonancia magnética funcional (fMRI, por sus siglas en inglés), la cual permite medir cambios en el flujo sanguíneo debidos a la actividad cerebral. Estas técnicas proporcionan una buena resolución espacial que permite localizar con mayor precisión las regiones del cerebro involucradas en algún proceso, aún cuando éstas se localicen muy por debajo de la corteza cerebral (donde el EEG ya no es útil). Sin embargo, la resolución temporal de estas imágenes es muy pobre, por lo que sólo puede registrar la actividad de procesos que duran por lo menos varios se-



Figura 5. Tractografía que muestra los manojos de fibras que conectan las distintas regiones del cerebro (imagen tomada del sitio web de Siemens).

gundos. Un problema actual trata sobre cómo fusionar la información de fMRI con la del EEG para obtener una descripción más detallada y con alta resolución espacial y temporal de los patrones de conectividad que se forman en el cerebro.

Existe otra modalidad de imagenología cerebral que se conoce como 'resonancia magnética de difusión', a partir de la cual se puede determinar la manera en que se mueven las moléculas de agua a lo largo de un tejido. Este tipo de imágenes han permitido reconstruir las fibras de axones que conectan a las neuronas en distintas regiones del cerebro, mediante una técnica llamada 'tractografía'. En palabras simples, ésta proporciona una imagen del cableado del cerebro. En el futuro, se espera utilizar la información de tractografía para dirigir y validar el análisis de sincronización de largo alcance que se obtiene a través del EEG.

En los próximos años, nuestro grupo de investigación buscará reforzar las colaboraciones con otras instituciones para adentrarse en este tipo de investigaciones. ☎

La ficción de una violenta realidad en la literatura mexicana



RAMÓN ALVARADO RUIZ
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

La literatura, sin lugar a dudas, mide el pulso de nuestra cultura y a través de las páginas impresas los escritores vierten su visión de mundo, sus preocupaciones y la ficcionalización de una sociedad compleja. La realidad que ha vivido nuestro país es una espiral de violencia que parece devorarlo todo: hace poco en el estado vecino de Jalisco se vivió una escalada de violencia por parte del crimen organizado, que intimidó a la sociedad con prácticas dignas de ser narradas; si abrimos los diarios, los hechos violentos están a la orden del día y los noticieros no se quedan atrás. Es eso lo que se lee, escucha y exhibe, ¿por qué? La época mediática ha intensificado la iconografía de la violencia dado que prácticamente hoy no se nos escapa nada y por medio de la imagen explícita se refuerza la maldad del ser humano y sus consecuencias. Por lo tanto, surge una primera pregunta: ¿Le corresponde a la literatura dar cuenta de su realidad? Si la respuesta es sí, surge una segunda: ¿cómo hacerlo?

Una mirada de soslayo al pasado siglo XX nos muestra qué tan terribles han sido ciertos sucesos y cómo han marcado el devenir de la humanidad. Los escritores, hombres de su tiempo, no pueden eludir los hechos y de ello han elaborado obras célebres como *Adiós a las armas*, o *Por quién doblan las campanas*, ambientada en la Guerra Civil Española, ambas de Ernest

Hemingway. Dejando las generalidades, en el ámbito mexicano varios eventos de esta naturaleza se han convertido en motivos literarios, tal como nos lo dice Gerardo Ochoa en su artículo “La violencia en las narrativas mexicanas del siglo XX”, que se encuentra en la página Artes e Historia de México: “Muchas obras canónicas fueron inspiradas por episodios sociales violentos: la Revolución Mexicana, la Guerra Cristera, la matanza de estudiantes del 2 de octubre de 1968, la persecución de movimientos democráticos y sociales emergentes, la guerrilla de 70, en fecha reciente la guerra contra el crimen organizado”. No es que dé cuenta de los hechos históricos, se inspira en ellos, se nutre de esas historias cotidianas de los que son afectados por dichos acontecimientos.

Así pues, la narrativa más bien se ha encargado de plasmar las vivencias a través de sus personajes, más que datar el hecho histórico. Traigo a colación la siguiente cita del libro titulado *41*, del escritor colimense Rogelio Guedea:

El niño que va rumbo a la escuela atraviesa de nuevo la calle. Rodea el Chevrolet rojo buscando una señal. Los ojos de avispón. Aplasta la nariz en el cristal de la ventanilla izquierda. Mira hacia el interior, de un lado a otro. Todo pare-

ce estar en su sitio, incluyendo el cinturón que pende del volante. Un cinturón de banda ancha y hebilla metálica igual al que usaba su papá [...] El niño que va rumbo a la escuela no repara en el daño que un cinturón puede ocasionar.

La cita nos revela lo siguiente: se trata de un niño que camino a la escuela advierte una mancha de sangre en un carro abandonado, pero lo importante no es la sospecha de que ahí dentro puede haber una persona muerta, si no lo que le evoca el cinturón del carro. La violencia se traslada de un ámbito social a uno individual y la muerte de una persona y el abuso sobre un menor de edad se ponen a un mismo nivel. Así pues, este ejemplo denota cómo se hace de la violencia un motivo literario y en el que se enfatiza aún más lo cruento de la realidad al ser mediada por el impacto causado en alguien que la padece y también en alguien que la elude.

Ahora bien, en una época más reciente, una vez superada la etapa del horror latinoamericano de las dictaduras y sus consecuencias —que significó también un eje narrativo—, nos enfrentamos a otra serie de acontecimientos que, sin lugar a dudas, van dejando una estela de terror y dolor. Asoman nuevos flagelos sociales en los albores del siglo XXI como la lucha contra el crimen organizado, los éxodos masivos a causa de disputas territoriales, la emigración, las diferencias étnicas y religiosas, etcétera. Ante ello, el espectro de la violencia asoma con rostros nuevos, que buscan ser tratados desde la literatura.

De lo anterior, una pregunta: ¿cómo abordar la narrativa de la violencia? ¿Es competencia tan sólo de la literatura? Leía hace tiempo: “Llamar guerra a la política de seguridad en México es un error garrafal”, entrevista a Óscar Naranjo, general colombiano y exasesor de seguridad del presidente de México Enrique Peña Nieto, llaman la atención sus siguientes palabras:

También es necesaria una nueva narrativa que signifique que más importante que combatir el delito, es proteger la vida, derechos y liberta-

des de la gente. [...] ¿Hasta dónde el hecho de mostrar la muerte tan repetidamente la instala en la cotidianidad y hace que parezca normal que maten? Una narrativa que eleve la voz de las víctimas y ahogue la voz del victimario es crucial.

Resulta interesante que se haga uso de la palabra ‘narrativa’, misma que es utilizada en dos ocasiones y donde de manera clara la intención es saber cómo contar la realidad. No se trata de eludir los hechos violentos, sino de encontrar nuevas maneras de hablar de ello, cuidar el discurso para emitir el mensaje adecuado que obligue a observarlos desde la perspectiva de quienes viven sus consecuencias.

Así pues, lo que hemos vivido en los últimos años es una violencia extrema que supera los mismos límites de la realidad y pareciera enfermarlo todo. Este fenómeno se ha extendido hasta el campo de la literatura mexicana, donde ha figurado un escenario bajo el tema del narcotráfico y toda violencia se atribuye a dicho rubro. Por ejemplo, Rafael Lemus en “Balas de salva” publicado en la revista *Letras Libres* afirma: “Es imposible huir: el narcotráfico lo avasalla todo y toda escritura sobre el norte es sobre el narcotráfico”. Una afirmación por demás tajante, que no comparto, dado que la narrativa mexicana actual es más que eso. Curiosamente, el crítico literario toca un tema en boga, la llamada ‘literatura del norte’ en México, que se encuentra en revisión, dado que no puede ceñirse de manera simplista ni generalizadora en torno a la violencia provocada por el crimen organizado.

La violencia que vivimos no se desprende sólo de dichas circunstancias, ni la podemos ajustar a un único espacio, sucede en todo nuestro entorno geográfico y se vive de maneras diferentes. Recién acabo de leer la novela *41* de Rogelio Guedea y su escenario es el minúsculo estado de Colima, conocido por sus paradisíacas playas, y resulta que no está exento de ese cáncer que roe desde los estratos más bajos hasta las cúpulas del poder. En el artículo de Myriam Jimeno “Lenguaje, subjetividad y experiencias de violencia”, publicado en la revista *Antípoda*, alguien pregunta:

“¿Cómo puede uno habitar un mundo que se ha vuelto extraño a través de la experiencia desoladora de la violencia y la pérdida? ¿Qué le hacen las experiencias de violencia al cuerpo de la persona, a la comunidad y a la nación?”. Añado otra pregunta personal: ¿puede la literatura comunicar esas experiencias o nos enfrentamos a lo indescriptible, a lo inenarrable?

Por un lado, la literatura irremediablemente se torna un referente de la realidad y no la realidad en sí; por el otro, no podemos regresar a los conceptos decimonónicos de “retratar la realidad”. Creo más bien, parafraseando las palabras de Naranjo, que la narrativa actual es la voz de las víctimas más que un retrato recurrente de la realidad extrema que vivimos. No podemos descartar que hay una ‘narrativa de la violencia’; por ejemplo, la editorial Cal y Arena antologó un libro titulado *Cuentos violentos*, que nos ofrece un tapiz de las múltiples caras que adopta la violencia, que no necesariamente tiene que ser explícita.

Asimismo, es consabida la frase “el escritor es un hombre de su tiempo” y como afirma Gilles Deleuze en el texto “La literatura y la vida”, que se desprende de la obra *Crítica y clínica*: “De lo que ha visto y oído, el escritor regresa con los ojos llorosos y los tímpanos perforados”. Forzosamente se ve obligado a narrar y plasmar en metáforas y palabras la violencia de la que es objeto. Pero no puede hacerlo de manera personal, tiene que ficcionalizar, proyectar una voz narrativa que vierta todo el caudal de dolor acumulado: “Yo veo lo básico: el espacio humano cumbre para la agresión intraespecífica; la violencia hacia la propia especie, hacia el congénere [...] El generador más poderoso de violencia creado por la vida terrestre, el ser humano, aplicando a su vez tal naturaleza violenta contra su propia carne [...]”. Son las palabras de un personaje femenino que crea el escritor mexicano Ricardo Chávez Castañeda en su novela *Sin aliento* y que nos llevan al meollo del asunto: la violencia, efecto del ser humano, contra el ser humano, “el hombre es un lobo para el hombre”, como afirmaba Thomas Hobbes. No es, pues, algo imperante de nuestro siglo; dicha preocupación, filológica por cierto, apuntaba a esa naturaleza animal

del ser humano que habría de vencerse en aquel entonces, principalmente, con el raciocinio.

Una narrativa así requiere nuevas estrategias discursivas para que no sea simplemente una transcripción de la intimidación cotidiana. Esto porque para algunos, como menciona Augusto Escobar en “La violencia: ¿Generadora de una tradición literaria?” en *Ensayos y aproximaciones a la otra literatura colombiana*, al hablar de ‘la literatura de la violencia’ consideran que lo es “cuando hay un predominio del testimonio, de la anécdota sobre el hecho estético. En esta novelística no importan los problemas del lenguaje, el manejo de los personajes o la estructura narrativa, sino los hechos, el contar sin importar el cómo”. Claro que importa el cómo, de ahí el tratamiento narrativo para que pueda ser considerada literatura. Una que no es una reprografía de la cotidianidad sino un constructo del lenguaje para dejar hablar a las voces soterradas en este caos. No se trata de reproducir con exactitud lo que a ojos vistos se sabe si no mediarlo mediante la ficción narrativa, ya que, como señala Jimeno: “La manera como se enuncian —y dejan de enunciar— las experiencias dolorosas implican prácticas interpretativas”.

¿Cómo se enuncian estas experiencias dolorosas, violentas?, ¿Cómo hablar de ello? Esto, porque como afirma Chávez Castañeda en *Sin aliento*, “El movimiento de la violencia posee un largo alcance que abrasa todo lo que encuentra y que obliga a tomar bando como víctima, cómplice o enemigo”. Así pues, se requieren de nuevas metáforas que ayuden a comprender la vida ante el caos generado y pareciera, además, que hay que reinventarlo. Comunicar es un imperativo y se deben buscar las formas ya que de acuerdo con Myriam Jimeno en el artículo ya citado, “ellos también tienen la vocación de la memoria y tienen necesidad de hablar, de narrar y de recobrase como sujetos en el discurso para otros”.

Ejemplifico nuevamente con la novela *41* de Rogelio Guedea, donde los registros del lenguaje son interesantes como recurso. Por un lado tenemos ese lenguaje desenfadado de los personajes, burdo, caus-



RAMÓN ALVARADO RUIZ

■ Doctor en Artes y Humanidades por el Centro de Estudios Multidisciplinarios en Artes y Humanidades y el Centro de Investigaciones en Ciencias, Artes y Humanidades de Monterrey. Es profesor investigador en la Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades y desarrolla el proyecto *Literatura mexicana de cara al nuevo milenio: la literatura y los escritores del Crack*.

tico: “Porque eso es su hermana: una croqueta de carne, un pellejo de huesos con dientes. Vale más la silla de ruedas en la que está postrada que todo su cuerpo hecho de gargajos y maldiciones, Una silla enmohecida su propia hermana. Y a veces quisiera levantarla de la silla y arrojarla en una bolsa negra de basura”. Por el otro, en esta novela reproduce el autor colimense el lenguaje leguleyo de las actas que dan fe de los hechos e indagan, buscando parcialidad, en el testimonio de los declarantes. De esa manera, tenemos los hechos, la cronología del asesinato y las pesquisas que se ven tratando de anclar la historia para que los lectores podamos darle seguimiento y convertirnos así en un testigo más; además de la vivencia de su actores como decíamos arriba, misma que se torna descarnada y dolorosa.

Ahora bien, ¿cuál es el panorama que se nos ofrece en la literatura mexicana? La gama de obras que versan sobre dicho eje temático es muy amplia. Ha cobrado relevancia a raíz de los hechos violentos que vive nuestro país de un tiempo atrás, atribuyéndolos en mayor medida a la lucha contra el narcotráfico. A tal grado que el debate generado por Rafael Lemus en su artículo “Balas de Salva” suscitó el tan polémico slogan ‘narcoliteraura’, del que pronto se apropiaron editoriales y escritores con el afán de incursionar de manera rápida en el mercado de los libros. Un término que ha generado polémica y que ha sido llevado inclusive al terreno de las consideraciones éticas, dado que para algunos implica dar cabida como constructo cultural, es *modus vivendi* de los narcotraficantes.

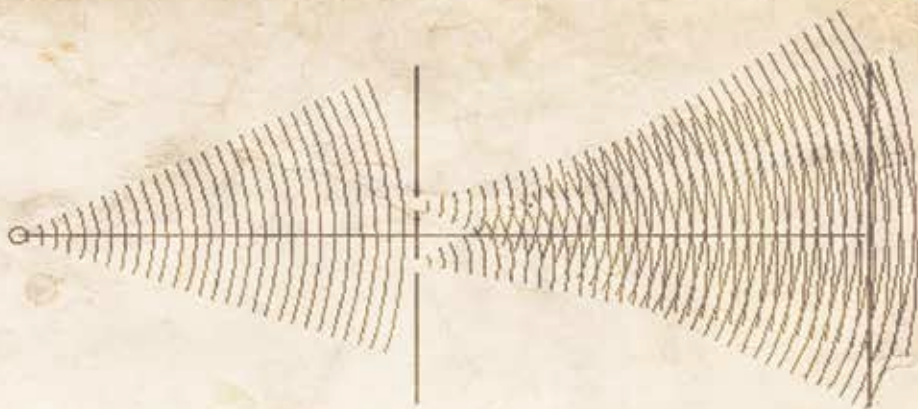
Esto ha suscitado muchos equívocos, dado que se ha tratado de meter en un mismo marco obras que, aunque tengan contemplado como escenario el generado por el tráfico de estupefacientes, no es el común denominador de su obra. Pienso en Elmer Mendoza, claro prototipo para algunos de dicha literatura, cuando a mi parecer tenemos más bien que hablar de una

novela policíaca que se está redefiniendo. Recién se ha publicado por parte de Editorial B, un volumen titulado expresamente *Narcocuentos*, donde participan autores como Bernardo Fernández, Julián Herbert, Antonio Ortuño, Eduardo Antonio Parra, Daniel Espartaco, etcétera. Ahí sí está más que dicho el contenido temático de los cuentos, donde lo que se busca es mostrar cómo desde la literatura, sin amarillismos ni morbo, es posible poner de manifiesto la voz de los afectados por dichos acontecimientos.

Hay muchos títulos y autores que manifiestan su interés por hablar de la realidad y su violencia. Una realidad que no puede soslayarse, pero que no es el todo. Los hechos violentos están presentes en la literatura, sí, pero lo que importa es su presentación artística, escuchar las voces soterradas por el miedo, de personajes cuya vida baladí cobra importancia en el momento que plantan cara a su destino buscando un sí en medio de los constantes acechos de la maldad que los orilla a la violencia. Para ello, hay que generar nuevos mecanismos del lenguaje, del narrador para no ser impasibles testigos, para hacer que la realidad nos sacuda y duela, como dice Chávez Castañeda en la novela ya citada:

La violencia nunca puede ser un espectáculo porque resulta imposible mantenerse al margen, no hay espacio mental para la existencia de un testigo, de un público mudo, un pueblo que se diga neutral. Nadie puede contemplar la violencia desde una distancia segura.

La literatura tampoco puede mantenerse a distancia: los tiempos cambian así como sus lenguajes; los hechos violentos hoy día derivan de otras circunstancias que exigen su comprensión, ante todo, porque brotan desde un interior que ha perdido sus seguridades en un contexto incierto donde se buscan respuestas que la literatura se atreve a esbozar desde la ficción. ☞



Ciento veinte años de un simple y trascendental experimento

El pasado 13 de julio se cumplieron 120 años de aquel trascendental experimento que abrió la puerta a un nuevo universo musical, y gracias a la genialidad de su autor, logró convertirse en todo un sistema que en últimas fechas ha recobrado especial interés en el ámbito mundial.

El 13 de julio de 1895 Julián Carrillo logró dividir un tono en 16 partes, con lo que pudo por primera vez ampliar de 12 sonidos que existían en la música a 96. Ese día se logró obtener el sonido número 13, al tiempo que se abrió la posibilidad de tener toda una gama de sonidos, pues el mismo principio permitía dividir el tono en el número de fracciones deseado. Al lograr los dieciseisavos de tono, de los cuales nació el Sonido 13, se aumentaron en el mismo instante los de la llamada octava, de 12 a 96.

Uno de los puntos que suele criticársele a Julián Carrillo es el descubrimiento, por decirlo así, del microtonalismo. Suele asegurarse que una gran cantidad de personajes trabajaban en ese aspecto y que habían logrado hacerlo, o que sistemas como el hindú y algunos otros tenían música microtonal. También suele cuestionarse que fuera

justo el 13 de julio de 1895, sin que nadie lo viera y sin que en ese momento se registrara el acontecimiento, salvo, el dicho del propio Carrillo, quien menciona el descubrimiento y recurre a uno de sus condiscípulos como testigo del experimento.

Se tacha de chocante la crónica difundida por Carrillo. Esta situación, suele desvirtuar el acontecimiento, pues el experimento como tal fue más allá de su simple realización, abrió la posibilidad de la discusión teórica y experimental acerca del sistema musical en práctica. Mientras otros personajes trataban de lograr los cuartos de tono, Carrillo logró los dieciseisavos y desarrolló las respectivas teorías que le permitieron enriquecer, simplificar y purificar la música, construyó instrumentos únicos en el mundo, ideó un nuevo sistema de escritura musical, escribió música en sistema microtonal y demostró su posibilidad interpretativa y auditiva e incorporó las importantes y poco estudiadas leyes de metamorfosis musical. Todo ello forma parte del llamado Sonido 13. Existen todas las evidencias contextuales para asegurar no sólo la posibilidad de realización de dicho experimento, sino los factores necesarios

para que una personalidad como la del entonces joven Carrillo pudiera llegar a la conclusión de la división del tono en 16 partes iguales, dieciseisavos de tono. A continuación tratamos una de ellas:

Una década después de la reinstauración de la República, la educación básica mostraba un importante desarrollo, comparada con los viejos tiempos cuando no existían establecimientos educativos; ahora se implementaba el método objetivo, relacionado con el programa filosófico del positivismo dejando atrás el programa lancasteriano, éste les permitía a los niños experimentar, a pesar de los precarios medios para ello, lo que en ocasiones se convierte en un estímulo para la creatividad y el ingenio, al sobreponerse a las adversidades técnicas y la falta de infraestructura, por supuesto, en personalidades que se aferran a probar su curiosidad y saciar su sed de conocimiento.

Un niño entusiasmado por la música, que comenzaba a manifestar un especial talento, en una clase donde se le permitía jugar con elementos a su alcance, al dejarlo soñar y desplegar su espíritu inquisitivo, lo cual le abría la posibilidad de experimentar mediante el juego y moldear su ingenio. De esta forma, al decir de su maestro de primeras letras, Germán Faz, en la Escuela Número Nueve de San Sebastián, Carrillo solía jugar con una de las cintas de su zapato, que entonces tenían un núcleo de resorte, haciéndola vibrar sosteniendo con la boca uno de sus extremos y con la mano el otro, produciendo sonidos que podía percibir; se moldeaba, como decíamos, el futuro investigador. Por cierto, su profesor comentaba muchos años después, ya cuando se propagaban las teorías del Sonido 13, que éste pudo haberse

fraguado en esos juegos con las cintas de su zapato que realizaba el niño Julián, mientras trascurrían las lecciones diarias de aritmética. En ese juego Carrillo podría observar que el sonido producido por la cuerda de su zapato dependía de la forma en que la tensionaba y de la longitud que controlaba con su mano, tal como lo haría con el violín, poco tiempo después, armando notas que deleitaban al oído.

Ese mismo espíritu inquisitivo se manifestaba cuando era estudiante de música en el Conservatorio Nacional, al asistir a su clase de acústica y escuchar las explicaciones de las leyes de cuerdas vibrantes, que le despertaron tal inquietud, y lo obligaron a tratar de corroborar esos dichos mediante la experimentación. El hecho de no contar con los recursos técnicos necesarios lo llevó a improvisar un experimento con sus propios recursos, su violín y su oído, acompañado del ingenio; de los cuales nacería la revolución musical del Sonido 13.

Lo paradójico es que de haber contado el conservatorio con equipo adecuado, el experimento de Carrillo no se hubiera realizado, al menos en ese momento, pues habría quedado conforme al comprobar la ley con un simple sónómetro; sin embargo, la ausencia de este tipo de equipos lo llevó a ingeniarse la forma para comprobar lo dicho por esa ley de acústica que relaciona la frecuencia de vibración de las cuerdas en función de su longitud. Controlando la longitud y sirviéndose del filo de una navaja de bolsillo, Carrillo comenzó a dividir en ocho partes iguales la longitud de la cuerda suelta Sol, cuarta del violín hasta llegar a la nota La. Desde entonces quedaron conquistados los dieciseisavos de tono. ☺



MARCOS ALGARA SILLER

marcos.algara@uaslp.mx



Tres mil años de viaje marino

Definitivamente me gusta el clima potosino. Es difícil aburrirse con estos veranos fríos a ratos, calientes y secos al día siguiente, y luego frescos y húmedos en un abrir y cerrar de ojos. Estos retos nos despiertan, nos vuelven ágiles, nos ayudan a salir de la rutina veraniega, del sopor del fin de año académico que sólo nos anima por la promesa de las anheladas vacaciones. Y sí, las presas se llenaron en 2013, no lograron vaciarse en 2014 y aún siguen a tope máximo asegurando agua para todos. . . si tan sólo fuera así de sencillo, tendríamos acceso al agua de calidad todos los días y para toda la gente. Espero que mi azotea meteorológica no se vuelva tan loca como Zeus y Poseidón y que los sensores instalados no pierdan su calibración.

El augurio de la falta de agua siempre ha sido de lo más temido por la humanidad. Sólo Noé, con su gigantesca arca de madera, logró sobrevivir al gran diluvio. Pero de ahí en adelante nada ha funcionado. Cada vez que se intenta dominar al agua con la tecnología: ¡zaz! viene el chapuzón. El indestructible *Titanic*, rey de los mares, fabricado en Irlanda entre 1909 y 1911, es y seguirá siendo el más famoso fracaso. Yo no sé si fue por la soberbia de los constructores de este barco que el ser supremo lo hizo trizas.

Me pregunto por qué nos espantan tanto las pequeñas inundaciones de calles donde sólo algunos carros naufragan. Su-



Knock Nevis.



NS Savannah.

pongo que es porque en este valle semidesértico lo último en que pensamos es en el exceso de agua. Para colmo, ni madera tenemos para hacer lanchas ni mares para conquistarlos al estilo fenicio. Y es que el lago del Parque Tangamanga I no se parece nada al mar Mediterráneo, donde el dominio comercial dependía de la tecnología de carpinteros marítimos hace algunos milenios.

Imagino al *Titanic*, después de más o menos 3,000 años de los grabados egipcios que muestran barcos de madera, construido de acero, ¡de acero!, y diseñarlo así de pesado para que no se hundiera. El desplazamiento del fallido trasatlántico de lujo era de 52,310 toneladas, es decir, el peso del agua que se desplaza por el volumen sumergido del barco que es el equivalente a unos 64,000 Volkswagen sedán o vochos con tripulación y pasajeros.

El fabuloso viaje para construir barcos logró que en 1979 se construyera en Japón un barcote llamado *Knock Nevis* o *Happi Giant* que sólo superó al *Titanic* por 12.5 veces en su desplazamiento y para recorrerlo caminando tenían que echarse casi medio kilómetro.

Entre los tipos de barcos más famosos están los drakkar vikingos, las carabelas como las que usó Cristóbal Colón, buques, fragatas, barcos de vela, acorazados y los cómodos cruceros para vacacionar con alberca y cualquier tipo de lujo que tanto gustan a los lunamieleros.

Pero además de los materiales para su construcción, la propulsión es lo que más me llama la atención. Imagino a un faraón echadote en cubierta mientras 20 esclavos remaban duro para llevarlo de paseo dominical por el Nilo, si el viento no era suficiente para impulsar la vela. Ya hubieran querido estos norafricanos haber tenido la tecnología que inventó Robert Fulton en 1807, cuando logró que los barcos fueran a donde uno quisiera y en el momento que uno quisiera, tan sólo con la fuerza del vapor de agua. Para fines de ese mismo siglo ya también había motores de combustión interna y la competencia por la velocidad comenzó. Claro que el *NS Savannah* haría trampa con su propulsor nuclear si lo compararan con el resto de los motores de barco. Pero este mercante estadounidense iba ya tarde en la carrera nuclear porque, aunque parezca inverosímil, el submarino nuclear *USS Nautilus* fue botado al océano con este tipo de reactores en 1955. Éste también se debe a Fulton, quien construyó uno llamado *Nautilus* en 1800, homenajeado por Julio Verne 71 años después.

Si esto pasó en 3,000 años de historia, y con la tecnología que se desarrolla cada vez más rápido, supongo que en poco tiempo no será necesario rodar por pavimento, deslizarse por el agua o planear por el aire para llegar a nuestro destino. ☞



USS Nautilus.



Francisco Javier González Contreras

ALEJANDRA CARLOS PACHECO

El nombre de Francisco significa que es una persona sumamente espiritual y que busca ser equilibrado en todos los aspectos de la vida. Una definición adecuada para un hombre exitoso, científico, emprendedor y padre amoroso de 40 años.

Su historia comienza antes de cumplir los 17 años, cuando aún estudiaba la preparatoria en el Instituto de Humanidades y Ciencias de Guadalajara, en esa época vinculada a la Universidad Nacional Autónoma de México; ahí se tenían cuatro áreas de especialización: físico-matemáticas, biología-medicina, administración-contaduría y sociales. Fue así como poco a poco se orientó hacia la investigación y eligió

el área médico-biológica con la finalidad de estudiar la carrera de Bioquímica, pero en ese entonces no existía en la ciudad tapatía.

Su papá era catedrático investigador del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, por lo que Francisco estaba muy bien relacionado con el campus y estudió ahí la carrera de Ingeniería Electrónica, “curiosamente yo no era como el típico ingeniero electrónico que le gustaba desarmar cosas, a mí me gustaba experimentar con tubos de ensayo y unir imanes”.

Aún estudiante descubrió una materia que era la que más le gustaba, posteriormente se convirtió en una pasión que definiría el trayecto de su profesión: la óptica. Durante la licenciatura se especializó en Ingeniería Biomédica y Sistemas Computacionales, en la que podía desarrollar aplicaciones en la electrónica, la mecánica y la biología, “cuando salí puse una empresa con un compañero, hacíamos equipo médico para oftalmólogos para detección de enfermedades, principalmente esclerosis múltiple”.

La empresa tuvo un gran éxito y duró dos años, pero ante la oportunidad para ambos socios de seguir con sus estudios, decidieron cerrarla y emprender una nueva aventura. Así es como el doctor González llegó al Centro de Investigación en Óptica y Láseres de la Universidad de Florida Central en Estados Unidos de América, para estudiar la maestría y doctorado y especializarse en nanotecnología y óptica. “Mi asesor de tesis fue Glenn Boreman, un investigador que

se dedica a crear detectores infrarrojos para cámaras de visión nocturna. En ese tiempo la nanofabricación estaba en pañales, allá en Florida no tenían equipo para hacer nanoestructuras, y yo tenía que ir a la universidad de Cornell en Nueva York, para fabricarlos y regresar”.

Al concluir la tesis doctoral —financiada por el Departamento de la Defensa estadounidense— comenzó con la búsqueda de trabajo y, aunque tenía varias ofertas en Estados Unidos de América, él deseaba regresar a México. Entre las instituciones que le interesaban, envió una solicitud al Instituto de Investigación en Comunicación Óptica de la UASLP y el director, doctor Alfonso Lastras Martínez, lo invitó a dar una plática, y posteriormente le ofreció una plaza. Años después, el doctor Hugo Navarro Contreras formó un grupo de trabajo para meter una solicitud de laboratorios nacionales llamado Laboratorio Nacional de Estudios Físicos, Químicos y Biológicos, dentro de un nuevo centro de investigación en la UASLP, por lo que lo invitó a participar en esa propuesta de trabajo como encargado del área de Microscopía Electrónica. Al momento de ser aprobado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) el laboratorio se constituyó como Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología (CIACYT).

Es así como por sus investigaciones y por tener un futuro prometedor, esta casa de estudios lo reconoció en el año 2009 como investigador joven y en el 2014 como in-

vestigador consolidado. Sin embargo, el punto más alto de su carrera fue haber recibido en el año 2012 el Premio Nacional de Investigación, otorgado por la Academia Mexicana de Ciencias. El galardón es el más importante para investigadores menores de 40 años, otorgado por su trayectoria y trabajo, y el currículum se compara con todos los científicos mexicanos.

Por ello, como uno de los mejores investigadores, opina que la ciencia en México, desde el punto de la infraestructura y los apoyos, no es tan diferente que en otros lados como en Estados Unidos de América y Europa, “el problema es que, por ejemplo, en Estados Unidos hay investigadores que tienen nuevas aportaciones, mayor rango de innovación y eso es porque la industria apoya mucho a la investigación y aquí no está tan apegada y está, más bien, enfocada a la maquila y a procesos que no requieren innovación”.

Nunca se ha arrepentido de estar en esta ciudad, pues dice que aterrizó en un lugar bastante propicio para la investigación. Dentro de sus logros están la creación del Centro de Ciencia y Tecnología de Terahertz dentro de la CIACYT y la reciente aprobación del Laboratorio Nacional de Ciencia y Tecnología de Terahertz, programa pionero que dará servicio de caracterización e investigación en el área de los terahertz entre la óptica y la electrónica. Otro proyecto de este científico emprendedor es fabricar nanoantenas para aprovechamiento de energía solar. ☞

Apuntes:



■ Es apasionado del tenis, este deporte lo ha ayudado al manejo del estrés.

■ Como buen tapatío es aficionado de las Chivas.



■ En la página oficial de su secundaria comparte el título de egresado destacado junto con Javier “Chicharito” Hernández.



■ Que nadie lo haga enojar, porque es cinta negra en Taekwondo.

El helicóptero que explorará Marte

La NASA ha presentado un helicóptero que planea llevar a Marte. Se preguntarán ¿para qué?, simplemente para tener un campo de visión mucho más amplio que el que tiene un robot o la vista humana.

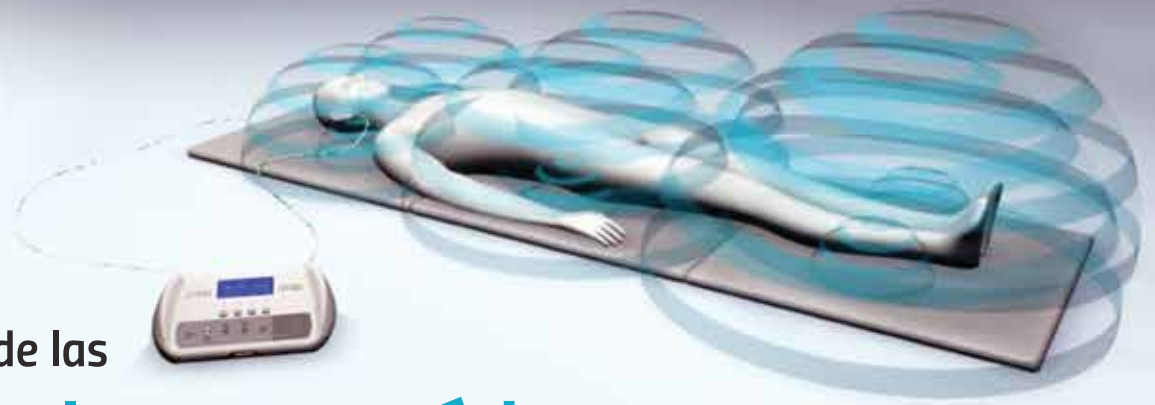
Fabricarlo para que vuele en Marte es mucho más complicado de lo que parece. En primer lugar, la atmósfera es 10 veces menos densa que en nuestro planeta, lo cual complicaría el vuelo de un helicóptero que se basa en el movimiento del aire. En segundo lugar, la autonomía es también un problema muy serio, pues en el llamado “planeta rojo” no hay enchufes ni gasolineras ni nada por el estilo. Para solucionar este problema se utilizarán paneles solares incorporados al helicóptero, pero tampoco es un gran remedio. El prototipo actual tan sólo podría volar tres minutos al día en Marte.

Y por si no fuera suficiente problema, también tendrían que enfrentarse a complicados aterrizajes en el rocoso terreno marciano y a sus extremas condiciones.

En la actualidad, ya existe un prototipo funcional del helicóptero y con el cual se realizan pruebas en diversos simuladores que imitan la densidad atmosférica de Marte. Con un peso de 1 kilogramo y 1.1 metros de largo de una hélice a otra, es muy pequeño, pero eficiente para explorar lugares en el mencionado planeta antes de mandar a los vehículos terrestres y elegir la próxima ruta. ☺

Información adicional:

<http://www.omicrono.com/2015/01/el-helicoptero-que-explorara-marte-creado-por-la-nasa/>



El efecto de las ondas electromagnéticas en el cuerpo humano

El investigador de la Universidad Pública de Navarra (UPNA), Erik Aguirre Gallego, en España, ha presentado en su tesis doctoral las simulaciones del efecto que los campos electromagnéticos tienen sobre el cuerpo humano. Junto con otros científicos ha publicado algunos avances en *Sensors* y otras revistas científicas.

El equipo ha desarrollado un modelo que permite caracterizar los fenómenos que se dan en la propagación de ondas electromagnéticas, además de discernir si sobrepasan o no los niveles que podrían ser nocivos para la salud.

En torno a estas radiaciones se ha generado gran controversia los últimos años, al ser consideradas perjudiciales por una parte de la población, señala:

Por eso, queríamos conocer su efecto en los tejidos del cuerpo humano y comprobar que no sobrepasaban los límites establecidos por los organismos legislativos y entidades encargados de publicar recomendaciones de exposición máxima.

El trabajo se centra en la dosimetría de radiaciones no-ionizantes, ámbito de la ciencia que establece la relación entre el campo electromagnético distribuido por el espacio y los campos inducidos en los tejidos biológicos.

El método de simulación utilizado parte de una herramienta desarrollada por la UPNA denominada trazado de rayos 3D, que cuenta con el respaldo de publicaciones en revistas internacionales. Como el objeto de estudio es el cuerpo humano y sus tejidos biológicos, se desarrolló un modelo en 3D compatible con la técnica de simulación seleccionada.

Según explica Erik Aguirre:


El modelo de cuerpo humano utilizado, dentro de las limitaciones que ofrece el código de trazado de rayos, pretende ser anatómicamente exacto. Además, se han tenido en cuenta las características de todos los tejidos que forman nuestro cuerpo, con el fin de que los resultados de la simulación sean lo más precisos posibles. Tam-

bién hemos dotado al modelo de diferentes posturas para adecuarlo a la morfología de los escenarios.

En cuanto a estos últimos, se han utilizado los laboratorios de la universidad y otros más complejos, como coches y aviones. En dichos entornos se hacen las simulaciones y las medidas dosimétricas, de modo que pueden compararse los datos teóricos obtenidos y los reales, testear el funcionamiento de la herramienta de simulación y calibrarla correctamente.

A partir del trabajo:

Se demuestra la necesidad de usar técnicas de simulación para llevar a cabo estimaciones dosimétricas, además del gran potencial que la herramienta ha mostrado al arrojar resultados precisos en entornos grandes y complejos.

Respecto al estudio dosimétrico, finaliza Erik Aguirre: "en condiciones normales, los sistemas de radiocomunicación no generan valores por encima del límite recomendado por los organismos de regulación". 

Grandes genios

NOELIA MARTÍNEZ LÓPEZ



Con una temática más moderna Walt Disney Animation Studios lanzó un filme que adoptó de un cómic no muy popular de Marvel: *Big Hero 6*, que hizo vibrar el corazón de niños, jóvenes y adultos. Los protagonistas principales, un chico llamado Hiro Hamada y su robot Baymax, están acompañados en esta historia por cuatro personajes: Fred, Wasabi, Go Go Tamago y Honey Lemon.

Estos trabajos cinematográficos despiertan en los niños la curiosidad por la ciencia y la investigación. La película se estrenó en noviembre de 2014 y las salas de cine se vieron abarrotadas de pequeños curiosos atraídos por el “hombre globo” y su amigo, un talentoso de la robótica

con la mente de un gran genio y la edad de 14 años quien saca provecho de su capacidad gracias al impulso de su también brillante hermano Tadashi.

La historia nos mantiene 108 minutos atentos a la pantalla para disfrutar las peripecias de seis personajes, el talento, la curiosidad, la solidaridad y el gran cariño que despierta un robot que cuida de todos, lo cual es su misión.

La película es imperdible y muy recomendable, pues nos enseña muchas cosas, ade-

más de la convivencia entre hermanos. La historia tiene una buena trama, es graciosa, nos demuestra el trabajo en equipo y obviamente nos disuade de participar en peleas ilegales de robots.

Hiro Hamada pasa su tiempo apostando dinero en peleas de robots, hasta que su hermano Tadashi lo anima a aprovechar su inteligencia y entrar a la universidad de San Fransokyo mezcla de lo occidental (San Francisco) y lo oriental (Tokyo), a partir de ahí todo cambia para Hiro con la muerte de su hermano.

Ahora deberá unirse con sus amigos para detener a un villano que ha robado una nueva tecnología, mientras encuentra el rumbo de su vida con el recuerdo de su hermano en Baymax, el robot asistente enfermero.

Y, como en todo, este filme puede arrojar críticas variadas, pero lo más importante es que los pequeños adquieran ese gusto por la ciencia y sean portavoces de la divulgación científica en nuestra sociedad. Además, no importa tener superpoderes para ser un héroe, pues la ciencia puede ser de gran beneficio.

Génesis Rodríguez, Alan Prieto, Memo Aponte, Alexis Ortega, Noé Velázquez Pedroza, Erika Ugalde, Alan Bravo, Humberto Vélez, Idzi Dutkiewicz y Patricia Palestino son las voces del doblaje en español de la cinta. 🎧

Directores: Chris Williams, Don Hall

Productor: Ray Conli

Walt Disney Animation Studios





2015

Agosto

L	M	M	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	DUI	27	28	29	30
31						

Septiembre

L	M	M	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	DUI	DUI	26	27
28	29	30				

Octubre

L	M	M	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	DUI	DUI	31	

Noviembre

L	M	M	J	V	S	D
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

Diciembre

L	M	M	J	V	S	D
	1	2	DUI	DUI	5	6
7	DUI	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

2016

Enero

L	M	M	J	V	S	D
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	DUI	28	29	30	31

Febrero

L	M	M	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	DUI	DUI	27	28
29						

Marzo

L	M	M	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

Abril

L	M	M	J	V	S	D
					1	2
				3		
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	DUI	DUI	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

Mayo

L	M	M	J	V	S	D
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	DUI	20	21	22
23	DUI	25	26	27	28	29
30	31					

Junio

L	M	M	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

Julio

L	M	M	J	V	S	D
			1	2	3	
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

Agosto

L	M	M	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	DUI	25	26	27	28
29	30	31				

- Inicio de cursos
- Fin de cursos
- Vacaciones
- Suspensión
- Exámenes ordinarios
- Exámenes extraordinarios
- Exámenes a título
- Examen de admisión
- Publicación de resultados del examen de admisión
- DUI Inicio de cursos en DUI
- DUI Fin de cursos en DUI
- DUI Exámenes parciales orales DUI
- DUI Exámenes parciales escritos DUI

Notas:

* Con la finalidad de hacer ajustes que apoyen y faciliten la actividad académica de las Dependencias, sus H. Consejos Técnicos Consultivos podrán ajustar este calendario en acuerdo interno.
* La reposición de los días de asueto correspondientes a lunes y martes de carnaval de 2016, se conceden agregándolos al periodo vacacional de inviernos los días 4 y 5 de enero.
* El periodo de no actividad escolar de los alumnos en Coordinaciones, Escuelas, Facultades, Unidades Académicas Multidisciplinarias y Centros de Extensión, no es periodo vacacional para el personal universitario.



UASLP
Universidad Autónoma
de San Luis Potosí



Síguenos en redes sociales

Facebook: UASLP Siempre Autónoma

Twitter: @UASLPAutonomia

Youtube: UASLPSiempreAutonomia

Vine: UASLP.Siempre.Aut.noma

Instagram: uaslp siempreautonomia

flickr: fotografia_social_uaslp/