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

A y P
Avance y Perspectiva

MIGRACIÓN
RUTA AL CONOCIMIENTO

MATEO VALERO
PASIÓN POR EL CÓMPUTO

ADN ANTIGUO
LLAVE AL PASADO

Cinvestav Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN

Vol. 3 No. 1
Septiembre-Noviembre 2017
ISSN 0185-1411
México

Cinvestav

CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

El Cerebro y las Enfermedades Neurodegenerativas

Septiembre - Octubre 2017

Museo de la Ciudad de Cuernavaca

Av. Morelos 165, Centro Histórico

CONTENIDO

NEUROCIRUGÍAS HOLLYWOODENSES / MICROSCOPIOS EN HD 04

ÁRBOL CANINO/ ALGORITMO PARA CAMINAR 05

ADIÓS CASSINI 06

CIENCIA QUE VIENE DE AFUERA 08

MIGRAR POTENCIA EL CONOCIMIENTO 12

DIÁSPORA CIENTÍFICA MEXICANA 16

MATEO VALERO Y LAS 'MÁQUINAS MARAVILLOSAS' 18

ENEMIGO DE LA QUIMIOTERAPIA 22

EVOLUCIÓN DEL FRIJOL 24

BIENVENIDOS A LA INDUSTRIA 4.0 26

REDESCUBRIENDO LA HISTORIA 28

LLAVE AL PASADO 32

TRAS EL RASTRO DE LOS POLINESIOS 36

¿QUIÉN INVENTÓ LA TELEVISIÓN A COLOR? 38

AMIBA COME CEREBROS 41

TURISMO SOSTENIBLE EN LA ZONA MAYA DE QUINTANA ROO 44

HUMO QUE DEJA HUELLA 48

EXPLORAN PROFUNDIDADES ABISALES 50

CINVESTAV EN LA ACADEMIA MEXICANA DE LA LENGUA 53

Y VI EL INCONCEBIBLE UNIVERSO 55

MIDIENDO EL CLIMA 56

DIRECTORIO CINVESTAV

José Mustre de León
Director General

Gerardo Herrera Corral
Secretario Académico

José Luis Leyva Montiel
Secretario de Planeación

Jesús Corona Uribe
Secretario Administrativo

Revista AyP

Gerardo Herrera Corral
Editor

Ricardo Cerón Plata
Coordinador editorial

Luisa Miranda Barbotó
Redacción y corrección de estilo

Víctor Juárez Lomán
Apoyo redacción

Wendolin Collazo Rodríguez
Héctor de la Peña Durán
Reporteros

Eduardo García Ramírez
Infografía y portada

Efrén Díaz Millán
Fotografía

Víctor Durán Mejía
Diseño editorial

Josefina Miranda López
Asistente secretarial

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

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

RevistaAvanceyPerspectiva revistaayp AvanceyPerspectiva

Avance y Perspectiva, Vol. 3, No. 1, septiembre-noviembre 2017, órgano oficial de difusión trimestral editado por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav). Av. Instituto Politécnico Nacional No. 2508, Col. San Pedro Zacatenco, Delegación Gustavo A. Madero, C.P. 07360, D.F., Tel. 55-57473800, www.cinvestav.mx, revista@cinvestav.mx, Editor Responsable: Gerardo Herrera Corral, Reserva de Derechos al uso exclusivo: 04-2017-063015160800-203, Número ISSN: en trámite, ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Cinvestav, a través de Víctor Juárez Lomán. Av. Instituto Politécnico Nacional No. 2508, Col. San Pedro Zacatenco, Delegación Gustavo A. Madero, C.P. 07360, Ciudad de México, fecha de última modificación, 1 de septiembre de 2017.

Los contenidos de los artículos y reseñas publicados son responsabilidad exclusiva de los autores y no representan necesariamente la opinión de los editores, ni de la institución. Prohibida la reproducción parcial o total del contenido, por cualquier medio, sin la autorización expresa de los autores.

EDITORIAL

GERARDO HERRERA CORRAL
gherrera@fis.cinvestav.mx

A lo largo de la historia y en distintas partes del mundo, han existido muros de diversos tipos: geológicos, políticos, culturales, religiosos, idiomáticos e incluso, los más burdos, como los hechos de concreto y varillas. Sin embargo, eso no ha sido un impedimento para el desarrollo de la ciencia en ningún país, la actividad científica rompe paradigmas fronterizos y sus estigmas. No sólo se puede ver colaborando a gente de múltiples países (como en el CERN), sino también a personas de distintas disciplinas.

México no es la excepción, y muestra de ello es la cantidad de colaboraciones que se tienen con diversas instituciones, de alumnos extranjeros que estudian en nuestro Centro y de investigadores acogidos por nuestra institución. No somos los únicos. Ha existido siempre un éxodo de refugiados de países del este de Europa, de España, de Chile, Argentina, Centroamérica y varios países que han tenido conflictos armados o persecuciones políticas, por ello es que en *Avance y Perspectiva* nos interesa tanto esta temática. La migración es parte nuestra y es valiosísima para el enriquecimiento de las culturas, por lo que satanizarla, como se hace en ocasiones, sólo fortalece los muros y obstaculiza el desarrollo de la ciencia.

Además del tema de migración científica, traemos también una interesante entrevista a Mateo Valero, el precursor del supercómputo en España, quien recibirá en septiembre el doctorado *Honoris Causa* por parte de nuestra institución.

También contamos con un reportaje acerca del Laboratorio de Paleogenómica del Cinvestav, pionero en América Latina dentro de ese ramo y que cuenta con estándares de calidad internacionales, lo que lo lleva a colaborar con diversas instituciones, tanto nacionales como de otras partes del mundo.

En este número también hablamos de las amibas come cerebros, hacemos una breve historia de la televisión a color, nos sumergimos en las profundidades marinas abisales, analizamos el daño que ocasiona el humo del cigarro y, aprovechando que 2017 es el Año Internacional del Turismo Sostenible para el Desarrollo, indagamos acerca de este fenómeno en la zona maya. Como en los números anteriores incluimos nuestra realidad aumentada, que en esta ocasión es sobre el automóvil Nayá II, que funciona con hidrógeno.

Imagen: Asociación Americana de Cirujanos Neurológicos

NEUROCIRUGÍAS HOLLYWOODENSES

Expertos en efectos especiales de Hollywood se han sumado a los esfuerzos de un equipo científico compuestos por ingenieros de computación y neurocirujanos, con el fin de desarrollar un innovador simulador 3D que pueda ser empleado para capacitar a cirujanos en operaciones cerebrales delicadas y mínimamente invasivas, cuyas primeras pruebas se reportaron exitosas en un artículo publicado por el *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*.

Aunque los cadáveres son la opción tradicional para dicho entrenamiento quirúrgico, éstos son escasos, caros, no reutilizables y, lo que es más importante, incapaces de simular con precisión la experiencia de operar sobre el problema en cuestión, explica Alan R. Cohen, de la Universidad Johns Hopkins y líder de este proyecto.

En un esfuerzo por crear una manera más confiable, realista y rentable para que los cirujanos practicaran, el equipo de investigación trabajó con profesionales de impresión 3D y efectos especiales para desarrollar una cabeza con sensación de cráneo humano y tejido cerebral.

La fusión de la impresión en 3D y los efectos especiales resultaron en una reproducción a escala de la cabeza de un niño de 14 años, inspirada en un paciente real con hidrocefalia, uno de los problemas más comunes observados en el campo de la neurocirugía pediátrica. Las peculiaridades incluyen una bomba electrónica para reproducir líquido fluido cerebroespinal y pulsaciones cerebrales. La versión del simulador es tan realista que tiene rasgos faciales, cabello, pestañas y cejas.

MICROSCOPIOS EN HD

Físicos de las universidades de Bielefeld y de la Ártica de Noruega han desarrollado un chip óptico que hace posible la microscopía óptica de superresolución, también llamada nanoscopía, en microscopios convencionales.

De acuerdo con el artículo que fue publicado en la revista *Nature Photonics*, el avance se centra en una inversión de la arquitectura normal para los actuales métodos de nanoscopía. Estos usualmente emplean un microscopio complejo para la formación de imágenes y un simple portaobjetos de vidrio que contiene la muestra, pero la nueva técnica utiliza un chip óptico complejo, aunque producible en masa, para alojar la muestra y proporcionar una guía de ondas de la fuente de iluminación.

Los desarrolladores del chip creen que en última instancia podría permitir un uso mucho más amplio de la nanoscopía, tanto en la investigación científica como en otras aplicaciones más cotidianas.

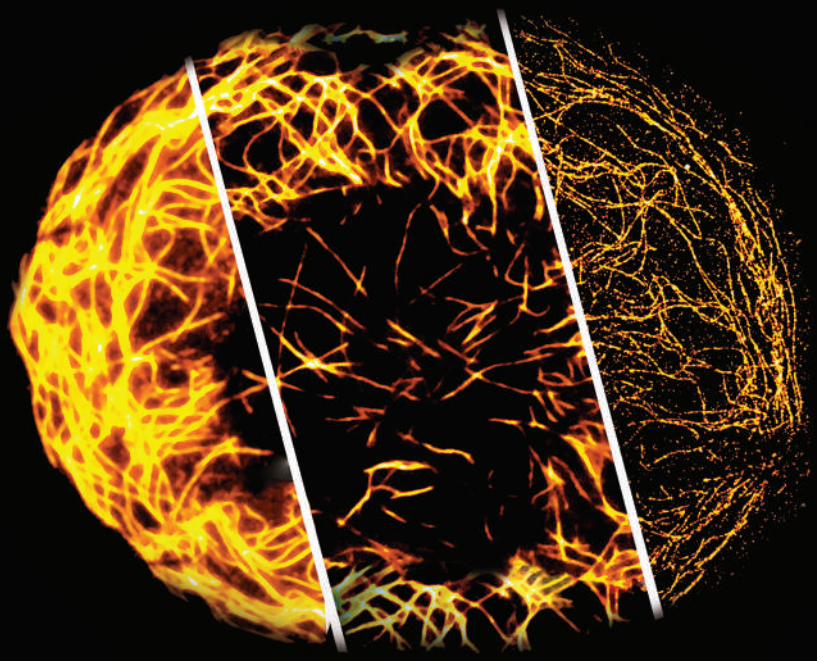


Imagen: Universidad de Bielefeld

En nanoscopía, la posición de las moléculas fluorescentes individuales se puede determinar con una precisión de sólo unos pocos nanómetros, es decir, a una millonésima de milímetro (10 veces mejor la de la microscopía óptica convencional); sin embargo, hasta ahora, este método ha requerido el uso de costosos instrumentos especiales.

ÁRBOL CANINO

En casi todas las migraciones humanas, el perro doméstico siempre ha estado presente, por lo cual reconstruir un árbol genealógico de esta especie ha sido una tarea muy compleja, dado que las pistas están dispersas a través de los genomas de cientos de razas caninas.

Sin embargo, en un artículo publicado en la revista *Cell Reports*, los investigadores han utilizado secuencias de genes de 161 razas modernas para ensamblar un árbol evolutivo de perros. Este mapa de razas, que es el más grande hasta la fecha, revela nuevas pruebas de que los perros viajaron con seres humanos, por ejemplo, a través del estrecho de Bering, lo cual podría ayudar a identificar genes que causan enfermedades en ambas especies.

El estudio encabezado por científicos de los Institutos Nacionales de Salud de Estados Unidos, detalla que las razas de perro evolucionaron o fueron criadas para llenar ciertos roles, por ejemplo, los Golden retrievers o los Setters irlandeses, denominados de caza, tienen su origen en la Inglaterra del siglo XIX, en en la época victoriana, cuando se crearon nuevos usos de las armas en las cacerías.

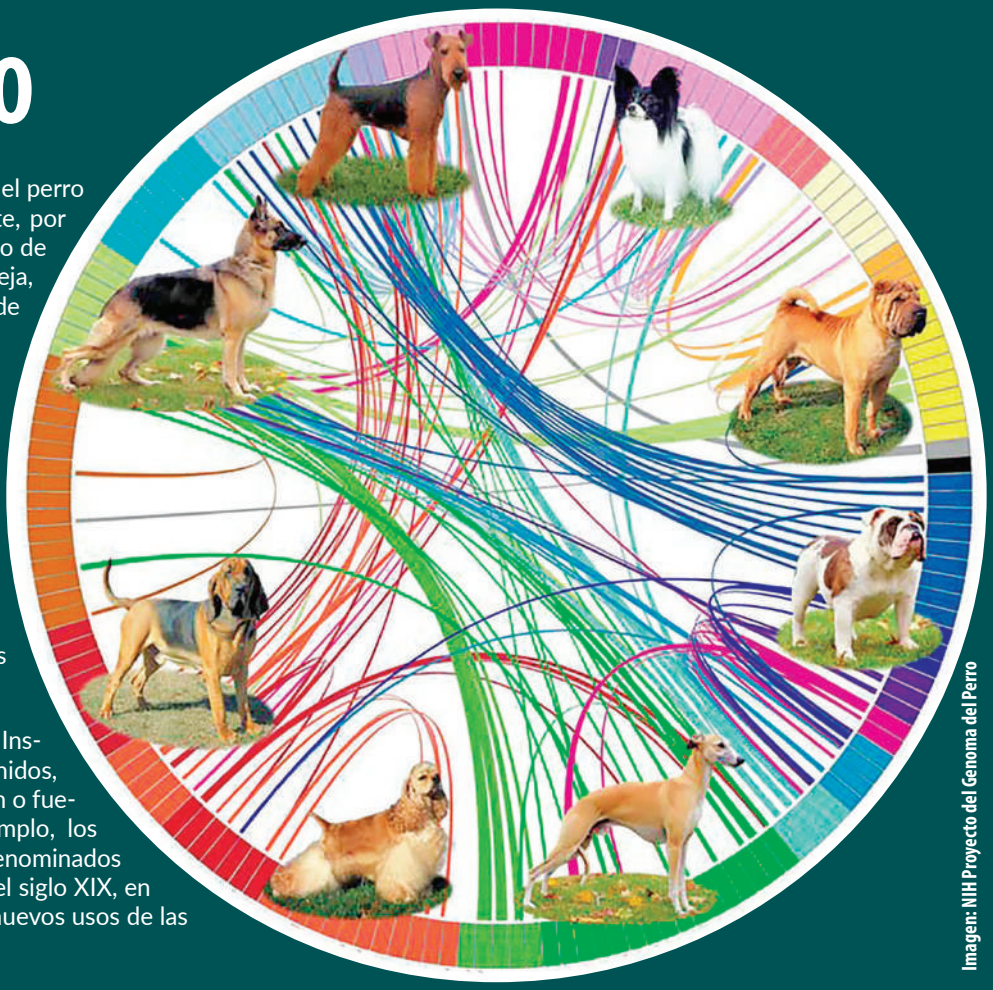


Imagen: NIH Proyecto del Genoma del Perro

ALGORITMO PARA CAMINAR

Los programas de rehabilitación para una lesión de médula espinal o un ataque cerebrovascular suelen suponer muchas horas de terapia sobre una caminadora con soporte a ritmos estables predefinidos, pero en la vida real, las personas deben moverse en diferentes direcciones y cambiar la marcha.

En busca de una alternativa a los sistemas de apoyo actuales para el torso superior que sólo actúan como sostén rígido que mantiene a las personas erguidas, Jean-Baptiste Mignardot y sus colegas de la Escuela Politécnica Federal de Lausana, Suiza, utilizaron un arnés robótico que ayuda a resistir la fuerza de gravedad que empuja a la persona hacia abajo. Al mismo tiempo, dicho instrumento le permite al individuo moverse hacia adelante y atrás o de un lado a otro, junto con un algoritmo que proporciona apoyo personalizado para abordar los problemas motores específicos de cada paciente.

El sistema es controlado por una red neuronal artificial que modifica la fuerza hacia arriba y adelante mediante un arnés de cables, a partir de información sobre cerca de 120 variables relacionadas con el movimiento del cuerpo, reporta en un artículo la revista *Science Translational Medicine*.

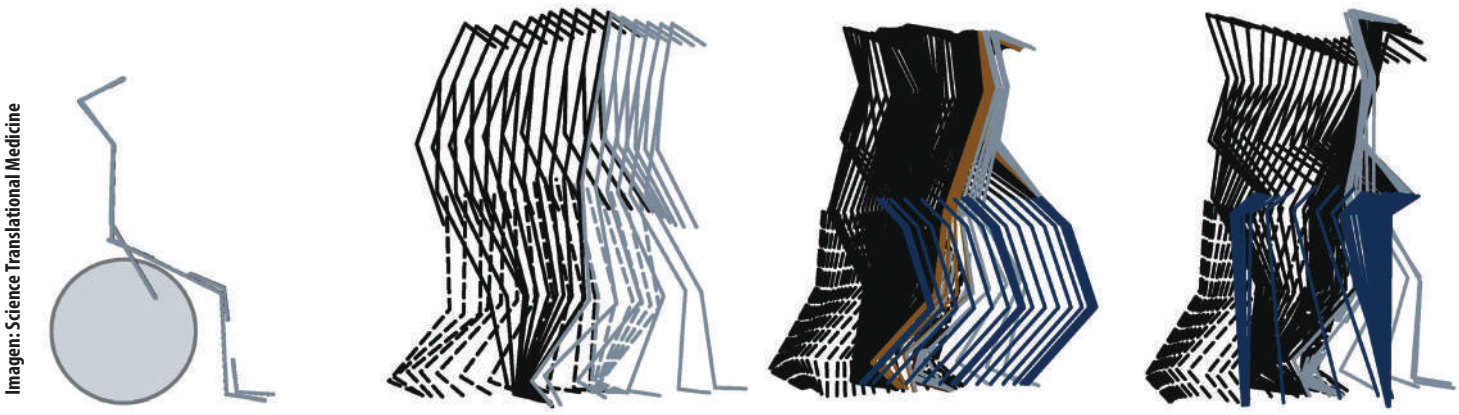
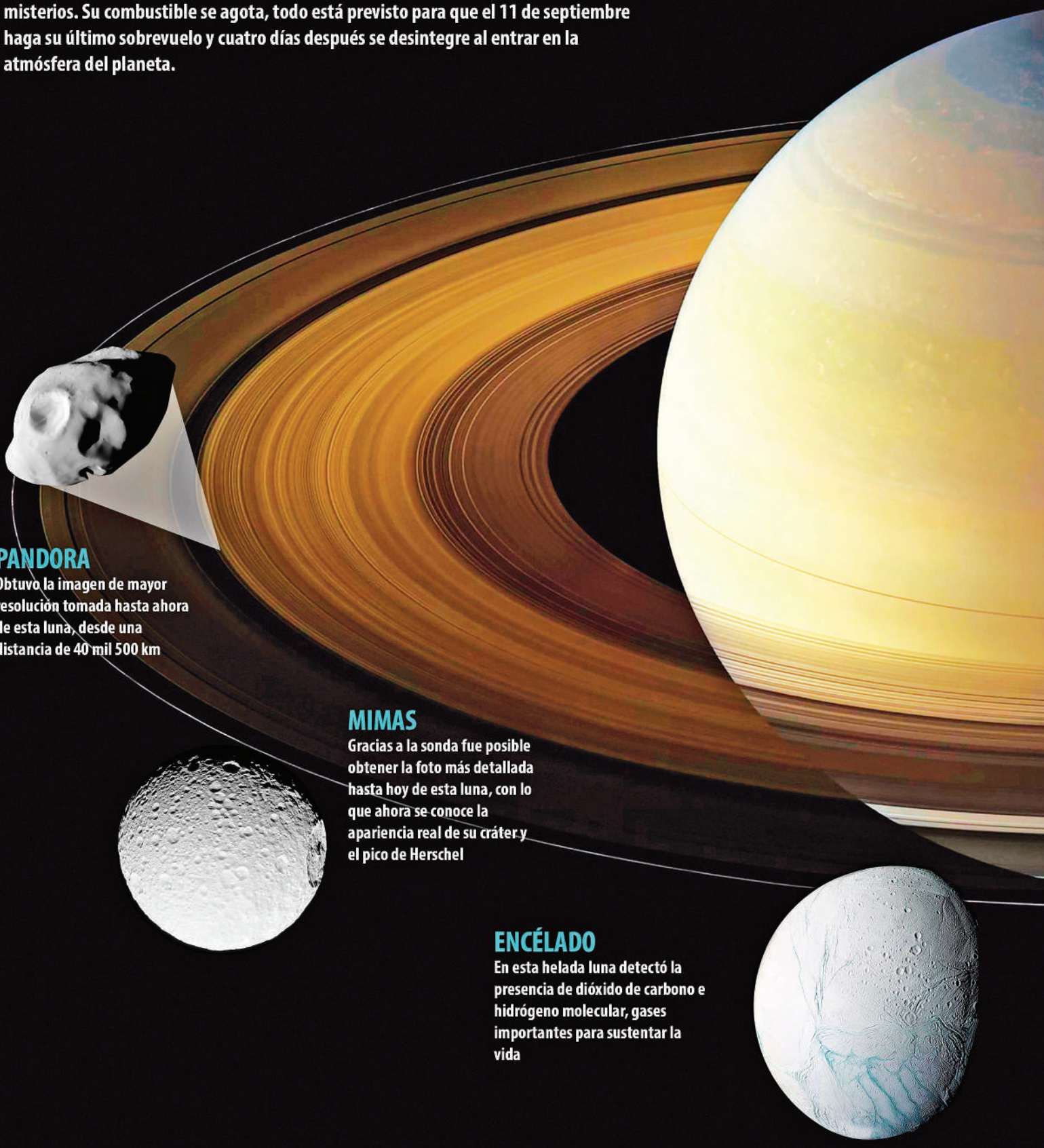


Imagen: Science Translational Medicine

ADIÓS CASSINI

La misión de la sonda espacial era retratar a Saturno, sus anillos y sus lunas, buscando la presencia de vida y recolectando información que develara algunos misterios. Su combustible se agota, todo está previsto para que el 11 de septiembre haga su último sobrevuelo y cuatro días después se desintegre al entrar en la atmósfera del planeta.



PANDORA

Obtuvo la imagen de mayor resolución tomada hasta ahora de esta luna, desde una distancia de 40 mil 500 km

MIMAS

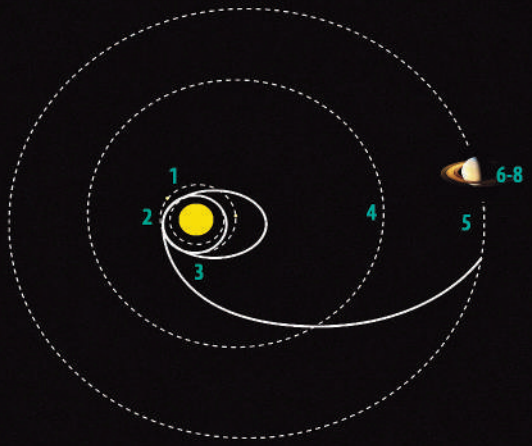
Gracias a la sonda fue posible obtener la foto más detallada hasta hoy de esta luna, con lo que ahora se conoce la apariencia real de su cráter y el pico de Herschel

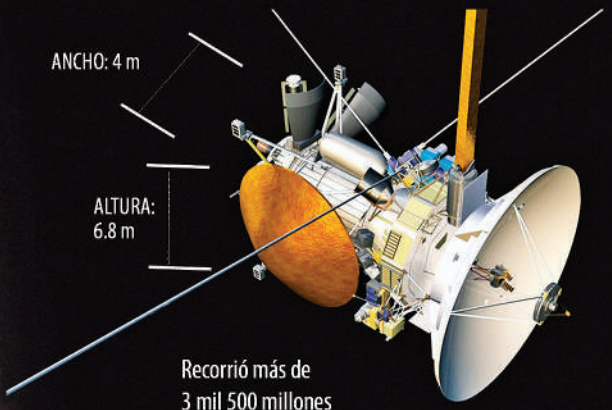
ENCÉLADO

En esta helada luna detectó la presencia de dióxido de carbono e hidrógeno molecular, gases importantes para sustentar la vida

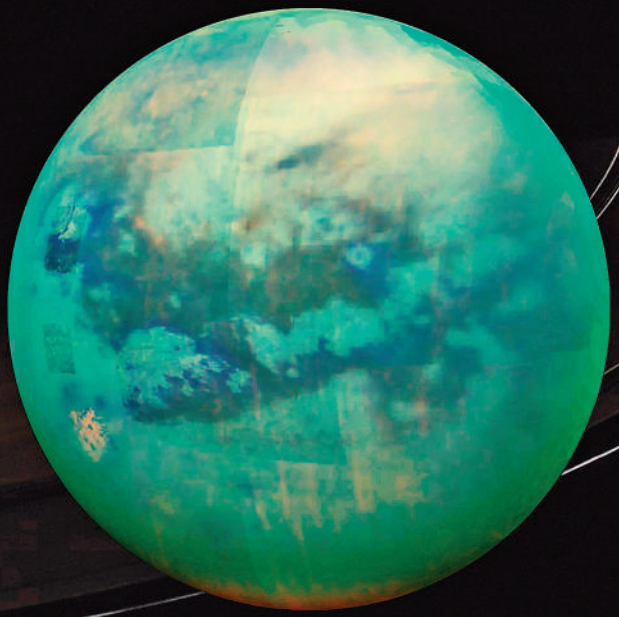
20 AÑOS DE HISTORIA

1. **(Oct-1997)** es lanzada al espacio
2. **(Abr-1998)** sobrevuela Venus
3. **(Ago-1999)** sobrevuela la Tierra
4. **(Dic-2000)** llega a Júpiter para estudiar su sistema Joviano
5. **(Jun-2004)** arriba a Saturno
6. **(Dic-2004)** desprende la sonda Huygens sobre Titán
7. **(Ene-2005)** Huygens desciende en la superficie de Titán
8. **(Sep-2017)** ingresa a Saturno para destruirse





Recorrió más de 3 mil 500 millones de km



TITÁN

La sobrevoló 127 veces y llevó consigo a la sonda Huygens, mediante la cual se descubrió una superficie montañosa, además de cañones y canales excavados por líquidos

DIONE

Las fotos ayudarán a entender las características y la historia geológica de este satélite conformado por agua helada

Fotografías: NASA

CIENCIA QUE VIENE DE AFUERA

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

Nacer en Hungría, estudiar una carrera en Suiza, huir por causa de la guerra hacia Ecuador, quedar varado en Cuba y terminar construyendo una exitosa carrera científica en México, fue el periplo que vivió Jorge Rosenkranz, quien lideró al grupo que desarrolló la píldora anticonceptiva, un descubrimiento que revolucionó al mundo.

Esta es una de tantas historias que han forjado el desarrollo científico en México. Sin importar el motivo por el que hayan emigrado de su país de origen hacia el nuestro, la movilidad internacional de los investigadores ha permitido instaurar lo que los historiadores llaman transnacionalidad, que ha ayudado a moldear no sólo la ciencia nacional, sino a nivel internacional.

Sylvie Didou, del Departamento de Investigaciones Educativas (DIE) del Cinvestav y coordinadora general de la Red sobre Internacionalización y Movilidades Académicas y Científicas (RIMAC), comenta que México ha recibido intelectuales de diferentes regiones a partir de acontecimientos sociales, políticos y económicos.

Así sucedió en los años 40 del siglo pasado (durante la dictadura franquista), cuando llegó al país una oleada de refugiados españoles con estudios universitarios, especialmente medicina (43 por ciento) e ingeniería (27 por ciento); además había científicos, educadores e intelectuales. En parte, gracias a sus aportes, hoy México se distingue por la calidad en medicina e ingeniería (Castaños, 2012).

Mientras que en los años 60, 70 y 80, señala Sylvie Didou, llegaron científicos exiliados del cono sur (Brasil, Chile, Argentina y Uruguay) debido a las dictaduras militares. En las décadas de los 80 y 90 existieron otras olas de migración, una procedió de los países de Europa del Este —Alemania, Rusia, Polonia—, ante la inestabilidad económica y política que se generó en esa región, y otra aportación durante el mismo periodo provino de Centroamérica (El Salvador, Nicaragua y Guatemala).

En esos años, la composición académica estuvo orientada principalmente a las ciencias físicas y médicas, pero también a las sociales (ciencias políticas, sociología y educación). Al llegar a México, muchos migrantes de Europa Oriental se sintieron atraídos por la provincia mexicana, y encontraron trabajo y ambiente propicio en universidades estatales; en contraste con los españoles y sudamericanos, que casi exclusivamente permanecieron en la capital del país (Castaños, 2012).

Sin embargo, en los últimos 15 años, los motivos para migrar a México mezclan asuntos culturales, laborales y científicos. De acuerdo con Edgar Góngora Jaramillo, también miembro de la RIMAC, se han ampliado las razones por las cuales los científicos extranjeros eligen este país como destino. Entre ellas están el interés emocional por el país, por su historia, por sus expresiones culturales o hasta el clima. "Muchas veces pensamos que las razones de un investigador para cambiar de residencia son puramente de índole científico, pero no, en varias ocasiones hemos documentado que durante su doctorado en otros países conocieron a su pareja que resulta ser de nacionalidad mexicana".

Pero además, varios jóvenes científicos han desarrollado en el país líneas prometedoras de investigación, combinando su interés por permanecer aquí con la posibilidad de hacer ciencia. Es el caso de Sean Michael Rovito, originario de Utah, Estados Unidos, adscrito a la Unidad de Genómica Avanzada del Cinvestav, quien estudia a un grupo de salamandras apulmonadas, uno de los anfibios más amenazados del mundo y que está en peligro de extinción. Incluso él y su equipo identificaron hace algunos meses en Oaxaca, tres nuevas especies del género *Thorius*, consideradas las más pequeñas del mundo. Su interés por este animal, al cual ha muestreado, analizado y caracterizado, no podría desarrollarlo fuera del país, por ser endémico de México. Desde 2014 permanece aquí en busca de continuar su estudio.

La experta del DIE relata el caso de una investigadora en geofísica que vino a México a realizar su posdoctorado. Su interés era trabajar con volcanes medios, cuya forma geológica es diferente a los de gran tamaño y que atraían menos la atención de los vulcanólogos mexicanos que los clásicos como el Pico de Orizaba, el Iztaccíhuatl y el Popocatépetl. Este nuevo enfoque generó interés entre sus colegas y el equipo receptor la invitó a expandir esa veta de investigación.

En eso coincide Góngora Jaramillo: "De 2000 a la fecha hemos observado que vienen con una formación más alta que quienes los precedieron. Traen un bagaje científico, metodología, enfoque y referentes teóricos que aportan de manera diferente e importante a las comunidades disciplinarias en las que se insertan.

"Además de que muchos de ellos establecen o ya traen sus redes internacionales con sus pares en diferentes países. Ese es un aporte importante porque permite que las comunidades científicas mexicanas tengan mayor salida para la comunicación de resultados en investigación y la colaboración en proyectos o programas, tanto en México como en el extranjero".

Alrededor de

13%

de los miembros del SNI nacieron en el extranjero

Actualmente hay cerca de 3 mil científicos de origen extranjero que radican en México, de acuerdo con el registro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), cifra que corresponde al 13 por ciento del total y que ha sido estable en la pasada década. Sin embargo, seguimos estamos alejados de países como Inglaterra, donde 35 por ciento de sus científicos son extranjeros.

Según las estadísticas, México no es un polo de atracción para la migración en general, ni para la científica en particular; sin embargo, el último censo nacional de población indica que, entre 2000 y 2010, se ha elevado el porcentaje de migrantes con estudios superiores, aunque no todos trabajan en la academia.

Aunque depende de la trayectoria de cada investigador, dice Sylvie Didou, un rasgo nuevo de esta migración científica es que, hasta el 2000, era bilateral. El investigador salía de su país para llegar a México y sólo se movía entre esos dos puntos. Ahora muchos jóvenes investigadores traen un capital de relaciones científicas internacionales más complejo, porque a veces estudiaron su licenciatura en su país, la maestría en otro y el doctorado en un tercero. Un francés que ha cursado un doctorado en Inglaterra, un posdoctorado en Japón y otro en Alemania tiene un capital diversificado de relaciones científicas y competencias interculturales desarrolladas.

En años recientes, los investigadores extranjeros que han llegado a México son en su mayoría jóvenes menores de 40 años, en varios casos con publicaciones en revistas internacionales y en algunos casos con patentes, es decir, un personal

Fotografía: Ar.rosales

El Colegio de México, institución de investigación en ciencias sociales y humanidades, es un legado de la inmigración académica española de la década de 1940

altamente calificado. Pero ¿de dónde provienen? En su mayoría llegan de España, seguidos de Estados Unidos, Argentina, Cuba, Rusia, Colombia, Alemania, Francia, Chile y Perú. Hasta ahora hay poca gente que viene de África y Asia.

Dada la capacidad científica que tiene México, se podría pensar que quienes llegan lo hacen de países de América Latina, principalmente por la cuestión del idioma y que tienen menor desarrollo que nosotros, pero no es así en forma generalizada, sostiene Góngora.

Destaca que España y México tienen un desarrollo científico más o menos similar, pero la razón que ha impulsado esta migración ha sido principalmente la crisis económica española de 2008. Además de la posibilidad de encontrar estabilidad laboral de manera más rápida que en otros países, incluyendo el de origen. Para los inmigrantes científicos también es atractivo hacer ciencia razonable en México, es decir, "aun cuando somos un país que no tiene una gran capacidad científica, sí se tienen áreas puntuales para poder desarrollar proyectos en beneficio del país y de la sociedad del conocimiento en términos globales". Es el caso de la biotecnología, medicina, astronomía, el desarrollo rural, la antropología y la química, por referir ejemplos importantes.

También existen nichos de investigación científica, destaca Góngora Jaramillo, que implican la posibilidad de estudiar sistemas que no existen en otros lugares del mundo, por ejemplo, el trabajo que se realiza en la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, en Veracruz, que posee una enorme biodiversidad, y que, atrajo en 2005 a un doctor alemán graduado en la Universidad de Göttingen a realizar un posdoctorado en la UNAM en esa Estación y quien actualmente es investigador titular de la Universidad Veracruzana en su Centro de Investigaciones Tropicales. Lo mismo ocurre en áreas como la antropología, donde hay un gran espectro en México para estudiar.

Sylvie Didou ha documentado en forma convergente que, para algunos científicos, trabajar en México ha permitido producir más rápidamente cuando el campo de trabajo está en el país: para un investigador especialista en arácnidos, instalarse en el país resulta la mejor opción para desarrollar su estudio.

Aunque no hay datos ni mecanismos eficientes para medir el impacto en la producción de conocimientos de la inmigración científica, instituciones como la UNAM, que tiene su propio programa de posdoctorado, y centros de investigación como Cinvestav, Flacso o El Colegio de México, la usaron para complementar sus capacidades de investigación y consolidar sus relaciones internacionales. De hecho, todavía se observa su peso en la academia y en los niveles altos del SNI, aunque empieza a disminuir debido al cambio generacional y a las jubilaciones, dice la experta del DIE.

Por su parte, Góngora Jaramillo recuerda el programa lanzado por Conacyt llamado Cátedras Patrimoniales, que se creó en la década de 1990 y concluyó en 2002, uno de sus objetivos fue reclutar a investigadores extranjeros, pero no para residir de forma permanente en México, sino con el objetivo de realizar investigación puntual. Apoyó la llegada de alrededor de 2 mil 300 académicos extranjeros a México. Sin embargo, la mayoría de ellos retornó a su país al terminar la actividad, los menos se quedaron.

Lamenta que en México no haya una política expresamente diseñada para la atracción de científicos extranjeros, así que cada institución que busque internacionalizarse plantea su propio mecanismo. En cambio países como Brasil sí cuentan con una política para atraer investigadores; incluso en años recientes el gobierno de Ecuador lanzó una campaña para atraer talento científico de cualquier parte del mundo.

En opinión de Sylvie Didou, la migración por parte de personas altamente capacitadas ha ayudado a consolidar las conexiones científicas, a formar alumnos y a proveerle oportunidades de movilidad académica, según una lógica transgeneracional. También ha permitido diseñar proyectos de investigación en colaboración internacional y combinar formas distintas de abordar los problemas.

Distribución geográfica

En la distribución por estado y por institución de los académicos extranjeros, se da el mismo fenómeno que en el tema del desarrollo científico del país. Al no existir una política integral de atracción, las grandes ciudades y algunas pocas instituciones concentran a los expertos: Ciudad de México 45 por ciento; Morelos, Puebla y Jalisco 5 por ciento en cada caso. Por institución: la UNAM concentra 25 por ciento de los científicos extranjeros que pertenecen al SNI; UAM 6.6 puntos porcentuales, que es el doble que tiene el IPN; en tanto que en el Cinvestav es 5 por ciento.

Para Edgar Góngora Jaramillo, habría que aprovechar mejor este número, si no masivo, sí importante de científicos extranjeros en el país, para colaborar en proyectos de mucho mayor alcance. Una política integral permitiría gestionar estímulos laborales y de desarrollo científico para que los investigadores que llegan a México tengan interés en ir a reforzar instituciones estatales.

Es necesario, señala, insistir en la necesidad de construir en el país una política integral de ciencia y desarrollo tecnológico e innovación más ágil, que identifique las prioridades, porque eso es lo que va a posibilitar que empecemos a ser un polo de atracción de científicos extranjeros, además de tener una mayor interlocución con nuestros pares en diferentes países y regiones del mundo. En ese sentido, la presencia de los investigadores nacidos en otro país puede ser un instrumento muy importante que nos podría ayudar a tener una mejor dinámica de contactos y de relaciones de colaboración en diferentes países.

Referencia

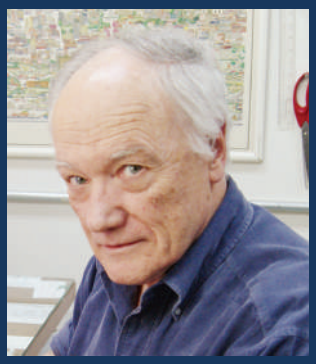
Castaños, Heriberta. 2012. "Migración Internacional de y hacia México: oleadas de migrantes de alta calificación académica". *El estado de la migración. Las políticas públicas ante los retos de la migración mexicana a Estados Unidos.* Conapo. pp. 345-368.

ALGUNOS EXTRANJEROS DESTACADOS

Emilia Beatriz Ferreiro Schiavi

Nacida en Buenos Aires, Argentina, su tesis fue dirigida por Jean Piaget, reconocido epistemólogo, psicólogo y biólogo suizo. Ingresó al DIE en 1979, después de haber sido investigadora del Centro Internacional de Epistemología Genética de la Universidad de Ginebra. En 1993 fue designada miembro del Reading Hall of Fame (International Reading Association). En 2007 el entonces Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal creó los premios "Heberto Castillo", denominando a una de las categorías, la de "Educación, Ciencias y Sociedad" como "Emilia Ferreiro". Es Investigadora Emérita del Cinvestav desde 2010, por 30 años de una labor académica de excelencia dentro de la institución y su trabajo en el campo de la educación.

Marcelino Cereijido Mattioli



Argentino de nacimiento, llegó a México en 1976 tras el golpe militar en su país. Dedicado a la fisiología celular y molecular de membranas biológicas, es un prominente investigador del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del Cinvestav. En 2007 recibió de esta institución el nombramiento como Profesor Emérito. Pertenece al SNI nivel 3 desde 1984 y ha sido acreedor a varios reconocimientos como: premio ODOL del CONICET, Argentina al mejor científico en biología menor de 35 años en 1967; Premio Internacional de Ciencias "Bernardo A. Houssay de la Organización de los Estados Americanos en 1993, y Premio Nacional de Ciencias y Artes 1995. Autor de un centenar y medio de artículos científicos internacionales y más de una decena de libros científicos y de divulgación.

Therese Ann Markow

De origen estadounidense, la investigadora adscrita a la UGA se ubicó en 2015 dentro de los 10 investigadores de instituciones mexicanas que encabezan el *ranking* de científicos con mejor desempeño registrado en internet. De hecho, es la primera mujer del Cinvestav en aparecer en ese listado. Therese Ann Markow, quien recibió en 2012 el premio George W. Beadle de la Sociedad Americana de Genética, investiga la evolución a distintos ambientes del género de moscas *Drosophilia*, que pertenece al grupo de moscas de la fruta. La científica realiza su trabajo en México, ya que la mayoría de los insectos estudiados vive en plantas de cactus originarios del país.

MIGRAR POTENCIA EL CONOCIMIENTO

Alma Maldonado Maldonado
Departamento de Investigaciones Educativas
amaldonado@cinvestav.mx

La contratación y la competencia por atraer académicos talentosos, sin importar su lugar de origen, ha sido parte de las cualidades de las universidades en el mundo. Hoy en día no se entiende a estas instituciones sin la movilidad académica de sus profesores y estudiantes.

Desde el origen de las universidades, que son inclusive más antiguas que los Estados nacionales, la movilidad y la migración fueron parte importante de su constitución y de su trabajo.

También resultaría muy complicado afirmar que en la producción de ideas y saberes –y en el tipo de preguntas que uno se hace como científico– no importa el contexto o el origen de la persona. La producción del conocimiento no es neutra. La diversidad cultural, religiosa, política, étnica o sexual puede ser crucial en el desarrollo de ideas científicas y en la manera de resolver los problemas que se plantean. En algunos países esas son las razones para promover la participación de más grupos minoritarios de la población (sobre todo en naciones multiétnicas o plurilingües) en el ámbito académico. Conjuntamente, la producción del conocimiento requiere de un ambiente intelectual estimulante y plural, lo que ha llevado a muchos científicos a buscar otros espacios para desarrollar su trabajo. No se puede olvidar que en este contexto, la defensa de la libertad de cátedra ha sido central para que las universidades desarrollen nuevas ideas. Históricamente, a los regímenes totalitarios y a las dictaduras les resultan incómodas las universidades y los centros de investigación por el papel que desempeñan en la sociedad.

Como sucede con el fenómeno de la migración mundial, las razones que llevan a la gente a desplazarse de un lugar a otro son muy diversas. Normalmente la gente se traslada en búsqueda de mejores oportunidades económicas, sociales, educativas o de mayor seguridad o libertad. Por consiguiente, la mayoría de los flujos migratorios se dan de lugares con más carencias económicas hacia lugares con mejores oportunidades, infraestructura y recursos materiales. La migración de países en desarrollo a países desarrollados es una constante, y lo mismo ocurre con la migración académica. Muchos investigadores y profesores se ven en la necesidad de buscar mejores condiciones de vida, laborales, familiares o de otra índole en otros sitios y no son pocos los científicos que encuentran esas condiciones en las naciones a los que van a obtener algún grado académico (como Estados Unidos, Reino Unido, Alemania, Canadá o Francia, entre otros); a dicho fenómeno se le denomina "fuga de cerebros" (para enfatizar las asimetrías en la movilidad de países en desarrollo a desarrollados) o más recientemente se le llama también "circulación de cerebros" (para restar importancia a las asimetrías y referirse mejor a las contribuciones que se logran gracias a dicha movilidad académica).

Independientemente de cómo se defina al fenómeno de la migración académica, lo cierto es que se trata de un tema que algunos países consideran crucial para su desarrollo y en particular en el ámbito de la producción de conocimientos. No son pocas las naciones que han decidido cambiar sus leyes de migración para encontrar la manera de atraer más talentos. Por ejemplo, Estados Unidos (antes de la llegada de Trump) con la ampliación del periodo de prácticas profesionales a estudiantes que provienen de las disciplinas relacionadas con las ciencias, tecnología, ingenierías y matemáticas (las llamadas *STEAM fields*), o Canadá y Australia, en donde un migrante joven y con un posgrado resulta más atractivo para su sistema de migración que alguien que no posee tales características.

Cuando Bill Gates fue al Congreso estadounidense a hablar de la necesidad de cambiar las leyes migratorias para facilitar que los extranjeros que estudiaron en sus universidades en las áreas conocidas como *STEAM* tuvieran la oportunidad

CIENTÍFICOS MIGRANTES

Roger Bacon (1219-1292) este inglés es considerado uno de los primeros científicos que trabajaron en una universidad. Estudió en Oxford y enseñó en París

Nicolás Copérnico (1473-1543) de nacionalidad polaca, estudió en la Universidad de Boloña, luego pasó por la de Padua y la de Ferrara antes de regresar a Polonia, en el año 1500

Johannes Kepler (1571-1630) nació en Alemania, pero fue contratado para trabajar en la escuela de Graz, en Austria

Galileo Galilei (1564-1642) nació en Pisa, pero se fue a trabajar a Padua, la Universidad de la República de Venecia y luego a Florencia (Italia se consolidó como República hasta 1861)

Fuente: *Explicar el mundo* de Steven Weinberg

de quedarse a vivir en Estados Unidos si así lo quisieran, incitó al Congreso a flexibilizar las leyes para combatir lo que denominó aviesamente como "fuga de cerebros". Desde luego que no se preguntó cómo llegaron esos estudiantes indios o chinos a su país o en dónde obtuvieron su educación y quién la pagó, sino que se refirió a que estaban educando al más alto nivel a hombres y mujeres que por razones legales en lugar de quedarse a contribuir al desarrollo de esa nación, se tenían que ir a sus países de origen o a otros lugares. En este sentido, no hay duda que la competencia por esta migración calificada es un terreno en disputa en los países más ricos y que sería un error no considerar el peso que esto tiene en los debates sobre la movilidad académica en la actualidad.

Como se dijo, la migración académica existe desde que nacen las universidades medievales europeas, pero también ha sido potenciada por tragedias humanas, notoriamente guerras, golpes de estado, genocidios, entre otras situaciones críticas (que incluyen desastres naturales). La consolidación del régimen nazi acrecentó la migración de judíos en el mundo, ilustrada con el caso de Albert Einstein en Estados Unidos, pero más allá de él, se ha estimado que al menos 30 por ciento de las patentes estadounidenses en campos como la química o la física se deberían atribuir a los migrantes judíos provenientes de Alemania durante todo ese periodo. En el caso mexicano, la ciencia y la cultura se beneficiaron también de diversos exilios, primero el español, que llevó, por ejemplo, al nacimiento de El Colegio de México. Y posteriormente, el país se benefició con la incorporación de exiliados argentinos, chilenos, uruguayos, entre otros, quienes constituyeron un gran impulso para diversos campos científicos en instituciones como: Cinvestav, UNAM, Flacso, entre otras.

Si bien el exilio es uno de los episodios de la migración académica, otros tienen que ver con procesos sociales en otra escala como lo es el fenómeno de la globalización. El uso de las tecnologías, la aparente reducción de las distancias geográficas y la producción económica global contribuyen a incrementar la cooperación académica en el mundo. En la actualidad son numerosos los descubrimientos de trascendencia que han sido posibles gracias a la colaboración internacional.

Por citar algunos: los hallazgos sobre el bosón de Higgs (realizados por la Organización Europea para la Investigación Nuclear, donde participan científicos del Cinvestav); los resultados obtenidos en el proyecto sobre el genoma humano (que inicia en Estados Unidos, pero que luego se extiende a diversos países) y algunos de los recientes logros espaciales como los de la sonda Rossetta (proyecto de la Agencia Espacial Europea).

350

estadounidenses

han recibido el Premio Nobel a la fecha

Poco más de

100

galardonados

son inmigrantes nacionalizados estadounidenses

Estos casos representan avances científicos muy visibles y corroboran el hecho de que la cooperación académica –y por consiguiente económica– entre países, contribuye a la producción de resultados científicos alentadores. Aun cuando el desplazamiento físico no es condición para colaborar en este tipo de proyectos, sobre todo cuando existen múltiples tecnologías que permiten el trabajo a distancia, sí es indispensable contar con un ambiente intelectual que estimule y posibilite el desarrollo del trabajo académico, la libertad de cátedra y la autonomía, para lo cual se requiere que los países construyan marcos institucionales y normativos de cooperación y de apertura al entendimiento pluricultural.

A pesar de que las colaboraciones académicas no siempre culminan en publicaciones de alto impacto, lo cierto es que el volumen de artículos de coautorías internacionales representa un factor de ponderación en algunos rankings mundiales de universidades, lo que repercute en el prestigio de las instituciones de educación superior. Lo mismo ocurre con el registro de patentes y la nacionalidad de los investigadores, indicadores que por sí mismos no representan un alto impacto científico o económico o una fuerte cooperación internacional en un país determinado. Más importante que estos indicadores debería ser el debate sobre cómo las colaboraciones académicas permiten estrechar vínculos culturales o sociales entre países, ayudan a disminuir las enormes brechas que existen entre productores y consumidores de conocimiento o participan en la solución de problemas que enfrenta conjuntamente la humanidad como el calentamiento global, el cáncer, la insuficiencia alimentaria o la pobreza.

En este contexto, debe ser motivo de preocupación el crecimiento de sentimientos xenófobos, de racismo, de intolerancia y de temor a lo diferente que –en buena medida– explican los recientes resultados de la votación del Brexit en el Reino Unido (su salida de la Unión Europea) o de la llegada a la presidencia de Estados Unidos de Donald Trump. En particular este caso representa el triunfo de una agenda antimigratoria que va desde la restricción para recibir inmigrantes (incluyendo refugiados) hasta la insistencia de construir un muro entre México y Estados Unidos como un mensaje contundente de que la migración procedente del sur no es aceptada en ese país. Y aunque es pronto para afirmarlo, algunas cifras de universidades estadounidenses reportan una caída en el número de solicitudes de estudiantes de posgrado internacionales; la idea de que no todos son bien vistos en ese país y de que los cambios en las políticas migratorias pondrán en riesgo su estancia en un futuro ya comienza a tener resonancia en sus decisiones. En un país donde la producción del

El CERN es un modelo de colaboración internacional que ha permitido hallazgos como el bosón de Higgs. En la imagen algunos de sus investigadores

conocimiento en ciertas áreas (como las ingenierías o matemáticas) depende del trabajo de estudiantes internacionales –de doctorado mayoritariamente– debería ser materia de preocupación en el corto y mediano plazos.

En la pasada edición de los premios Nobel, si el músico Bob Dylan no hubiera resultado ganador en la categoría de Literatura, Estados Unidos no habría tenido a ningún ciudadano galardonado nacido en su territorio, algo que no ocurre desde 1999. De hecho, de los 350 ganadores de ese país, en la historia de estos premios, poco más de 100 son inmigrantes y/o nacidos fuera de Estados Unidos.

El mensaje que manda la administración de Trump al mundo académico y científico con la reducción de financiamiento a la educación, la ciencia y la cultura; las amenazas a la libertad de cátedra; las trabas para visitantes y/o posibles migrantes puede resultar muy costoso para Estados Unidos.

Algunas de las encuestas internacionales más importantes de académicos (como la *Changing Academic Profession* o la financiada por la *Carnegie Foundation)* han indicado que los investigadores estadounidenses no son muy proclives a salir de su país, lo que en parte se explicaba porque eran los académicos del mundo los que buscaban ir a ese país a aprender y a colaborar con ellos (por lo que no tenían necesidad de salir ni de ese contacto internacional). Pero existen altas posibilidades de que esto comience a cambiar y que la dinámica tan asumida entre producción, conocimiento y migración sea interrumpida abruptamente en las instituciones de educación superior estadounidenses. Y mientras diversos actores intentarán contrarrestar los efectos negativos de la administración Trump, otros países toman medidas para ser los beneficiados en la atracción de talentos, por ejemplo, Canadá o Francia. Sin más, el recién electo presidente francés Emmanuel Macron grabó un mensaje dirigido a todos los científicos estadounidenses que trabajan en el tema de cambio climático para ofrecerles condiciones de trabajo y residencia si no consideran oportuno seguir viviendo en Estados Unidos. Desde luego es pronto para pronosticar lo que sucederá, pero sí se puede adelantar que históricamente los muros son incompatibles con la producción de conocimiento, con excepción quizás de los que rodean a los laboratorios y a los salones en las clases. Y a veces ni esos se logran justificar del todo.

ARTÍCULO

DIÁSPORA CIENTÍFICA

Rafael Marmolejo Leyva
UAM-A
rafael.marmolejo@gmail.com

En el periodo de 1984 a 1999 la ciencia mexicana entró en un ciclo de expansión que involucró nuevas prácticas científicas y diferentes esquemas de evaluación en las instituciones por la creación del Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Figurar en el panorama internacional a través de las publicaciones en revistas de renombre fue fundamental en este proceso; a su vez, hubo un incremento en el número de becas para realizar estudios en el extranjero y se abrió la oportunidad para las instituciones tanto nacionales como extranjeras de establecer convenios de cooperación y colaboración para que científicos mexicanos realizaran estancias en el extranjero.

Creado en 1984, el propósito fundamental del SNI fue frenar el flujo de científicos hacia el extranjero, ante la incapacidad de muchas instituciones de retener a sus investigadores, justo en el momento en el que México atravesaba por una severa crisis financiera debido a la fuerte devaluación del peso, imposibilitando el poder obtener una plaza de investigador de tiempo completo en alguna institución pública desde 2000, lo cual condujo a una fuga de cerebros.

Este fenómeno ha cobrado gran interés en los últimos tiempos, por lo que el análisis no se ha hecho esperar. Con la finalidad de entender la movilidad de la comunidad científica mexicana se analizó el caso de 479 investigadores que radican en el extranjero. ¿Dónde se ubican?, ¿cuánto producen?, ¿qué impacto tienen sus publicaciones?

Además se tomó en cuenta datos del Atlas de la Ciencia Mexicana de 2012 y la *Web of Science* para conocer número de publicaciones, país actual, institución de adscripción y factor de impacto, fue interesante observar que alrededor del 50 por ciento de los investigadores consultados obtuvo su grado en México, pero sin duda Estados Unidos (EU) es su preferido para tal efecto, adoptándolo luego como país de residencia. También que las ciencias duras tienen el mayor número de miembros (ciencias biológicas, ciencias físicas, ciencias químicas, ingenierías y medicina), en cambio, las ciencias sociales y humanidades tienden a concentrar la mayor proporción de investigadores formados en universidades mexicanas, 55 y 65 por ciento respectivamente, lo cual podría estar relacionado con su bajo índice de movilidad en el extranjero.

Otro aspecto observado fue que un pequeño número de países concentra a la mayoría de los investigadores mexicanos dispersos en el extranjero: EU, Gran Bretaña, Alemania, Francia, Canadá, España y Brasil. En cuanto a los artículos producidos en colaboración con investigadores mexicanos ubicados en México, un gran porcentaje de los trabajos tienen coautorías con EU y con instituciones europeas, pero muy pocas colaboraciones con científicos latinoamericanos.

En cuanto a los investigadores en los niveles candidato y nivel I, considerados en nuestro estudio, producen en promedio 0.46 artículos por año y 1.01

artículos por año respectivamente; mientras que la productividad de los investigadores de ciencias biológicas del SNI, que pertenecen a instituciones mexicanas, es de 0.21 artículos por año para el nivel candidato y 0.54 artículos por año para el nivel I. Estos datos corresponden al total de investigadores del nivel candidato y del nivel I además de que los datos específicos sobre la productividad de los investigadores del área de ciencias biológicas no fueron reportados en dicha referencia.

Para el caso de ciencias físicas, el análisis arroja los promedios de 1.0 artículos por año para el nivel candidato y 1.35 artículos por año para el nivel I, que podemos comparar con un periodo de crecimiento de dicha área del SNI (de 1991 a 2002), en donde se observa que los promedios de producción de los investigadores en el extranjero son superiores, lo cual resulta muy importante pues se está tomando en cuenta la productividad de todos los investigadores vigentes de ciencias físicas, que laboran en instituciones mexicanas y cuyo promedio de producción es de 0.22 artículos por año (*Research Policy*. González y Veloso, 2007).

Por otra parte, también se obtuvo diferencias de productividad académica dependiendo del género. La información se agrupó en ciencias biológicas y en ciencias químicas; y éstas a su vez por mujeres y hombres y en dónde obtuvieron el grado de doctor (si fue en México o en el extranjero). Para ciencias biológicas se tienen 0.75 artículos por año para las mujeres y 1.3 artículos por año para los hombres. Mientras que para ciencias físicas se tienen 1.1 y 2.5 artículos por año respectivamente. Al comparar estos valores nuevamente con los promedios por género reportados de todos los miembros del SNI (ídem) fueron 0.27 y 0.73 artículos por año para las mujeres y para los hombres respectivamente en el periodo de 1991-2002. Se puede notar la amplia diferencia con los resultados para el periodo de 2000-2013.

Observamos que ciencias sociales y humanidades poseen los más bajos índices de productividad en revistas de corriente principal, que puede deberse a que el medio más común para publicar son los libros, capítulos de libros y otros recursos que no son propiamente artículos en revistas indexadas. Además de que la base de datos consultada, el *Web of Science*, privilegia las revistas en inglés y que buena parte de la investigación en ciencias sociales y humanidades es situada social y culturalmente de forma local, es decir, se refiere a problemas de interés nacional y por tanto se publica en revistas mexicanas o latinoamericanas que no entran en dicha plataforma, por tanto no son "revistas de corriente principal". (Phillip Altbach, 2005).

Asumimos que los científicos mexicanos en el extranjero del área de ciencias biológicas prefieren trabajar con grupos de investigadores altamente prominentes, pues ubican sus publicaciones de forma predominante en el primer cuartil a diferencia de ciencias físicas.

En conclusión

Algunos científicos mexicanos en el extranjero aún sostienen una estrecha relación con instituciones y/o científicos locales y publican en revistas con alto factor de impacto y dichos trabajos reúnen mayor número de citas que la correspondiente producción local.

Los investigadores graduados en México tienen una producción e impacto similares a aquellos que se graduaron en el extranjero. No hay gran diferencia en cuanto a la productividad en función del género y que las mujeres están sub-representadas en cantidad.

Hay diferencias significativas de productividad de los investigadores entre las 10 áreas del conocimiento del SNI en función de la permanencia en años, en países donde fueron ubicados, ya sea por permanencia indefinida o temporal. Así que entre menor es ésta, mayor es la cantidad de investigadores que publican en el primer cuartil, pero cuando más permanecen afuera (radican de forma permanente) resulta que la tendencia es publicar menos en el primer cuartil como se observa en la tabla, que podría interpretarse como que los individuos con la posibilidad de volver requerirían de una alta productividad en revistas de alto impacto, que les permitiría poder integrarse a los sistemas de evaluación mexicanos, como el propio SNI; y quienes permanecen más tiempo afuera o bien son evaluados de una forma distinta (donde no se requiere publicar en revistas de alto impacto) o no publican demasiados trabajos hacia el final de su trayectoria académica.

Información extra en la web AyP: http://bit.ly/2wNvqzg

ÁREAS	ARTÍCULOS				REVISTAS			
	Cuartil 1	Cuartil 2	Cuartil 3	Cuartil 4	Cuartil 1	Cuartil 2	Cuartil 3	Cuartil 4
Agrociencias	38	13	3	22	6	3	1	5
Ciencias Biológicas	412	21			14	1		
Ciencias Físicas	632	359		42	9	4		2
Ciencias Químicas	189	77			8	6		
Ciencias Sociales	11	9	2	8	3	4	1	5
Ciencias de la Tierra	90	55	6		8	6	1	
Humanidades	14	14	7	8	4	6	3	1
Ingenierías	120	15		23	9	2		3
Matemáticas	15	20	35	5	5	4	5	1
Medicina	321	12	11	28	12	1	1	1
Porcentaje sobre el total en cada grupo (artículos o revistas)	70%	23%	2%	5%	54%	26%	8%	12%
Promedio	184.2	59.5	10.67	**19.43**	7.8	3.7	2	2.571
Totales	1842	595	64	136	78	37	12	18

Oficinas
Maria
LJUBA
Ljuba

MATEO VALERO Y LAS ‘MÁQUINAS MARAVILLOSAS’

Ha sido reconocido con los principales premios en computación por sus aportaciones en materia de arquitectura de cómputo paralelo (el Seymour Cray, el Eckert-Mauchly y el Charles Babbage), pero una de las cosas que Mateo Valero Cortés más valora como científico es haber formado, directa o indirectamente, al menos 800 doctores investigadores, hoy dispersos por todo el mundo.

El actual director del Centro de Supercómputo de Barcelona (BSC, por sus siglas en inglés) hace notar ese orgullo en cada ocasión que recibe un reconocimiento o es entrevistado por un medio de comunicación, y reitera que cada uno de los premios otorgados a su persona son merecimiento de todo su grupo de trabajo.

Un orgullo que el científico español sólo compara con el proyecto al que se ha enfocado durante la última década y media, es decir, las cuatro distintas versiones de *MareNostrum*, la supercomputadora del BSC que en su momento fue una de las cuatro más rápidas a nivel mundial y que actualmente es el nodo principal de la red IRIS de supercomputadoras de España.

Sobre ese tema, de sus inquietudes en torno al futuro de la computación y de la ciencia en general conversó Mateo Valero con la revista *AyP*, en su visita a México, previo a recibir el doctorado *Honoris Causa* del Cinvestav por sus significativas contribuciones en diversos campos de la computación paralela.

Ha recibido las distinciones más importantes en materia de computación, ¿qué significado le da a esos reconocimientos?

Nunca los considero personales, porque una sola persona no hace todo en la ciencia. Lo que sí puedo decir es que he tenido suerte de estar rodeado de excelentes investigadores, y algo que le repito al grupo de compañeros con los que trabajo, es que entre todos hemos hecho las investigaciones y se obtienen reconocimientos, pero que es un poco injusto los que se reciben a nivel personal. El trabajo lo realizamos mucha gente.

Aunque en la vida hay que realizar esfuerzos, ser constante y a eso se le suma la suerte. Creo que en mi caso la he tenido a partir de mucho esfuerzo, y gracias a ello se han abierto oportunidades de dirigir la tesis de distintas personas, y una de las cosas que más orgullo me da es saber que los doctores que he ayudado a graduar han formado a otros doctores. Hoy somos más de 800 en el “árbol genealógico” que están por todo el mundo en centros de investigación y universidades. Eso es esfuerzo, porque hay que trabajar para obtener esos resultados.

Pero para obtener esos resultados hay que saber conformar un grupo de investigación robusto

Cuando estaba acabando la tesis doctoral (en la Universidad Politécnica de Cataluña, UPC) me dijo un profesor que debía de tener miras altas en la investigación, y para ello se tenía que trabajar mucho con los alumnos a fin de producir buenas ideas que se publicaran en los mejores sitios. Al formar el Departamento de Arquitectura de Computadores (en la UPC) hice el esfuerzo por contratar a mejores investigadores que yo, con los que se pudo conformar un excelente ambiente de trabajo y esa ha sido una constante en nuestro grupo científico: contar con excelentes investigadores.

Una herramienta para hacer investigación de excelencia es la supercomputación, un tema al que ha invertido muchos años

En la ciencia siempre se han requerido de buenos instrumentos para generar conocimiento. Como ejemplos concretos, sin grandes telescopios, microscopios o sin el acelerador de partículas es muy difícil producir grandes ideas. Ahora las supercomputadoras son uno de esos instrumentos que tienen la ventaja de que según el software que ejecuten, se adaptan de una investigación a otra.

Pongámoslo de esta forma: con un microscopio miras lo pequeño y con el telescopio al universo. El computador puede hacer de microscopio o telescopio de acuerdo al software que emplee.

Durante mucho tiempo se trabajó sólo en los laboratorios para comprobar las teorías de la ciencia básica, pero ahora se pueden emplear también las computadoras en la simulación de distintas cosas y realizar muchas operaciones sobre gran cantidad de datos en muy poco tiempo. Por ello, las supercomputadoras son instrumentos empleados cada vez por más investigadores y científicos de diferentes ramas.

Por ejemplo, para estudiar el cambio climático se necesita analizar con gran precisión modelos físicos relacionados con la información de muchos años y ese trabajo te lo brinda este tipo de máquinas. También se emplean en la generación de nuevos materiales o en la medicina de precisión, donde se utiliza una gran cantidad de datos que se obtienen del ADN, de las resonacias magnéticas y de las radiografías. Estas nuevas investigaciones son posibles gracias a que las computadoras son capaces de trabajar con muchos datos y hacer diferentes operaciones a la vez. Es sorprendente todo lo que se puede avanzar gracias a estas máquinas maravillosas.

Una de esas máquinas ha sido un proyecto que usted ha dirigido, ¿qué le representa *MareNostrum*?

Ese nombre (de la supercomputadora del BSC) se lo pusimos en representación al mar Mediterráneo, para indicar que Barcelona es un punto de encuentro para hacer ciencia. *MareNostrum* se le decía al Mediterráneo al ser un sitio para viajar de un punto a otro en Europa, muchas veces para la paz y otros para la guerra. En el caso de nuestra supercomputadora representó un cambio en la política científica española, al pasar de tener pequeños centros de computación, a manejar una gran máquina, que en algún momento llegó a ser la cuarta más importante del mundo.

La primera versión se montó en 2004 y ahora estamos instalando el cuarto *MareNostrum*, pero cada una de las versiones ha sido una herramienta que ha ayudado a hacer mucha ciencia a los españoles, europeos e investigadores de todo el mundo. Es el nodo principal de red de supercomputación en España, donde hay 14 máquinas en las diferentes regiones del país, todas ellas conectadas por la red IRIS.

Ha sido un proyecto de grandes satisfacciones que ha permitido pasar de emplear a 40 personas a 500 en la actualidad (400 investigadores y 100 para dar servicio), y esos resultados se deben a que hemos sabido utilizar esta herramienta en producir ideas que han motivado a

diversas instituciones científicas y a las empresas a tener proyectos con nosotros.

¿Cómo describe la participación de los países iberoamericanos en el supercómputo actualmente?

Estos instrumentos son costosos, por eso los países más avanzados también tienen los mejores. En el caso de Iberoamérica se refleja la situación en que se encuentra la investigación en la región, realmente no se dedican muchos recursos para la ciencia.

Dicho esto, en México he visto que hay un interés cada vez más grande en muchos centros y universidades por trabajar con estos instrumentos y en adquirir algunos. Por su parte, Brasil es un país avanzado en muchas tecnologías, incluido este tipo de máquinas; en tanto, en Colombia recientemente se decidió crear un centro de supercomputación. Pero otros países de la región van muy lento porque, al ser recursos caros, las administraciones cuestionan su rentabilidad y eso es un error, porque las supercomputadoras son instrumentos muy rentables para un país.

Sin embargo, en cuanto a los recursos humanos, sí existen grupos que se empiezan a estabilizar en Latinoamérica. En el caso de México hay gente que está en centros alrededor del mundo, incluso con nosotros (en el BSC) tenemos investigadores mexicanos haciendo tesis doctoral o posdoctoral. Afortunadamente hay un renovado interés por la computación en un país que fue pionero al tener uno de los primeros supercomputadores en la región. En ese sentido soy relativamente optimista.

Fotografía: BSC

Mateo Valero dirige el Centro de Supercómputo de Barcelona que cuenta con la computadora más potente de España y una de las más importantes de Europa: *MareNostrum*

¿Ese optimismo coincide con el futuro de la computación?

Toda la revolución que actualmente vivimos en las tecnologías de la información y las telecomunicaciones tiene como responsable en buena medida al transistor, que es el dispositivo que conmuta el 1 y 0, la base para la lógica binaria. Se inventó y desarrolló a partir de 1947 y desde entonces se han ocupado diferentes materiales para su constitución. Durante los últimos años se ha empleado el silicio, con lo que se ha podido reducir su tamaño a la mitad cada 18 meses en promedio. Así, en 1971 se construye el primer microprocesador, con 2 mil 300 transistores en un centímetro cuadrado de superficie. Recientemente el fabricante de aceleradores gráficos NVidia ha sacado al mercado un chip de ocho centímetros cuadrados que en su interior tiene 21 mil millones de transistores.

Conforme van haciendo los transistores más pequeños, se utilizan menos átomos de silicio y tiene que llegar el momento en que será difícil maniobrar algo tan minúsculo porque aparecen fenómenos cuánticos. Eso significa que la miniaturización en dos dimensiones de los transistores habrá acabado, por lo que después se buscará un acomodo en tres dimensiones, lo que requiere aprovechar miles de capas hacia arriba para continuar virtualmente con la Ley de Moore, pero lo que está claro es que el tamaño de cada transistor de silicio está llegando a su final porque habrá dificultad de integración.

Aunque también creo que se continuarán haciendo transistores más rápidos y pequeños con nuevos materiales, por ejemplo los nanotubos de carbono o el grafeno, esa podría ser una opción para continuar con la lógica binaria, la cual siempre he creído que es un gran avance científico al manejar toda la información de las computadoras en sencillos códigos de 0 y 1.

¿Hay posibilidades de transitar al cómputo cuántico?

El gran sueño siempre ha sido la computación cuántica, pero a pesar de que actualmente existan ya algunas de esas computadoras, aún se tienen muchos problemas, como el hecho de que son difíciles de programar y presentan mucha inestabilidad. Tenemos que trabajar la temperatura a niveles muy bajos para su mantenimiento, entre otras dificultades técnicas. En lo particular no soy muy partidario de la computación cuántica para resolver cualquier tipo de problemas, ya que me resulta difícil pensar que con ese sistema se puedan reemplazar los teléfonos inteligentes que actualmente nos mueven por todos lados con el sistema binario, pero la ciencia nos da grandes noticias y quizá una de ellas sea el cómputo cuántico. Sí creo en el desarrollo próximo de computadores cuánticos que resuelvan algunas aplicaciones muy concretas.

Además de sus aportes al área de la computación, también es una voz crítica sobre los recursos a la ciencia y tecnología, ¿por qué ha tomado ese rol?

Sabemos que los países más ricos destinan una buena cantidad de sus recursos a la investigación, pero en los nuestros, cuando vienen las crisis y es necesario realizar recortes se reduce el dinero en esa área. Tenemos que motivar a nuestros políticos de que en un país lo más importante es la educación, eso puede transformar a una nación, y luego viene la investigación de donde provienen las grandes ideas, que son las que hacen prosperar a las economías. Para ello es necesario crear un ecosistema en el cual las instituciones públicas, las empresas y los investigadores vayamos en la misma línea.

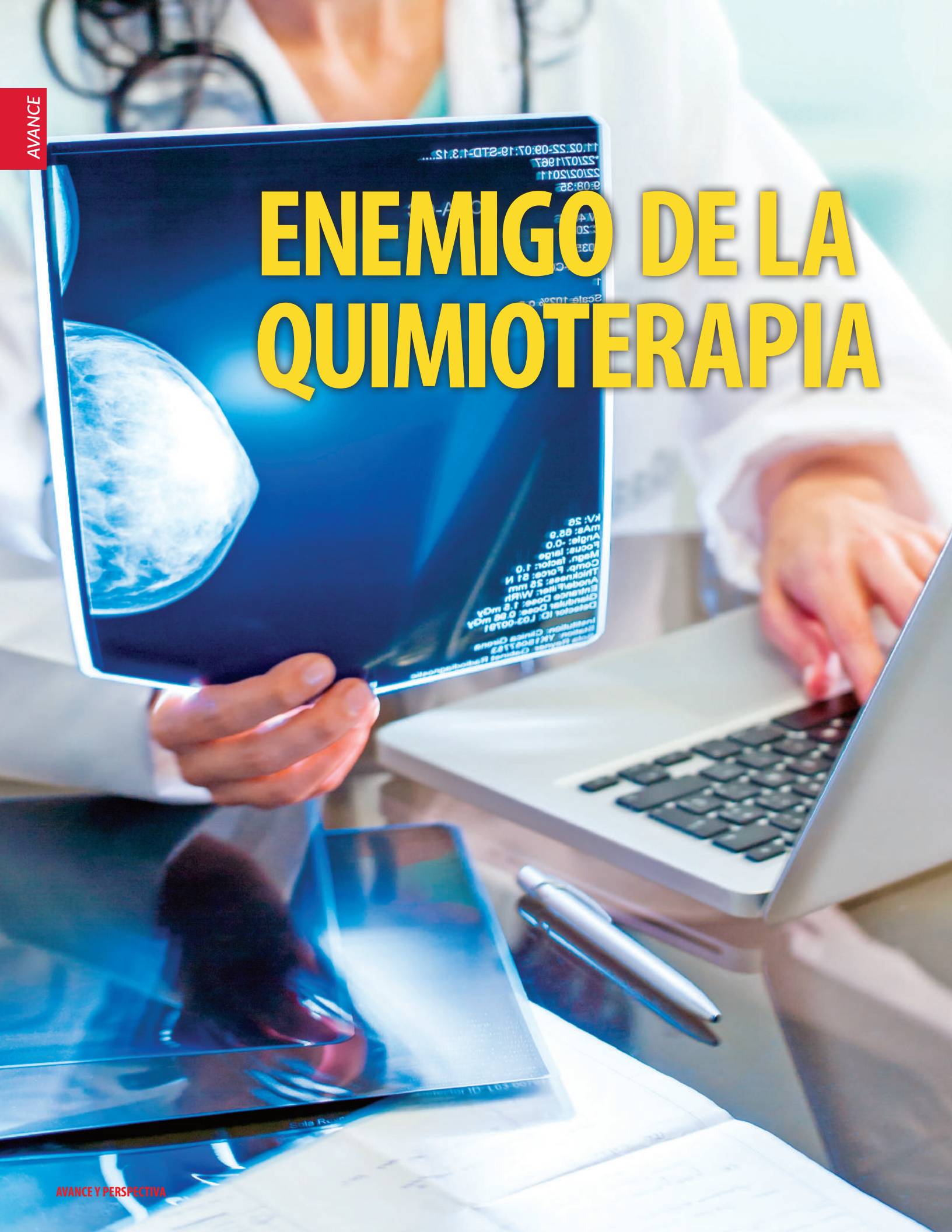
Otro punto es que los científicos debemos entender que nuestro objetivo no es que nos hagamos famosos publicando artículos, lo importante es que la investigación pueda ayudar a cambiar el entorno, a producir mejores puestos de trabajo, a generar riqueza para que haya más recursos que se puedan emplear a nivel social. Sin ideas un país no avanza, y para tener ideas hay que cuidar la educación y la investigación.

¿Alguna vez pensó en los alcances que iba a tener su trabajo?

No, en realidad no lo pensé, porque estas cosas no se piensan, se hacen.

(Héctor de la Peña)

ENEMIGO DE LA QUIMIOTERAPIA



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

Uno de los mayores problemas en la lucha contra el cáncer es que en algunos casos los tumores resultan resistentes a las terapias diseñadas para su tratamiento, lo cual podría explicar por qué esta enfermedad requiere de una combinación de alternativas médicas para atenderla.

El objetivo principal de las quimioterapias es conseguir la muerte de la célula tumoral, para ello es necesario que la mayor cantidad de fármaco activo posible llegue a nivel de su blanco molecular en el interior de la célula. Cualquier circunstancia que se interponga puede ser causa de resistencia.

Como parte de un análisis de la agresividad de un microambiente inflamatorio en un tumor, un grupo de investigación del Departamento de Biomedicina Molecular del Cinvestav identificó un gen llamado BIRC3, que participa en la resistencia a los tratamientos utilizados contra cáncer de mama, específicamente con la doxorrubicina, medicamento ampliamente utilizado en quimioterapia.

Este fármaco se administra tanto en la terapia preoperatoria, a fin de disminuir el volumen tumoral para hacerlo operable, así como en la terapia postoperatoria, donde se utiliza como tratamiento contra las células cancerosas que pueden haber quedado o que se hayan propagado. Sin embargo, algunos pacientes no responden de manera positiva a la terapia.

"Lo que observamos en el laboratorio fue que cuando el gen BIRC3 aumenta en las células cancerosas con un fenotipo agresivo, participa disminuyendo la eficiencia de los tratamientos donde se usa la doxorrubicina. Este medicamento actúa intercalándose en el ADN, inhibiendo la proliferación y generando alertas para que las células programen la apoptosis (proceso de muerte celular)", mencionó Mónica Mendoza Rodríguez, investigadora invitada del Cinvestav.

Los resultados de esta investigación demuestran que la inflamación es un factor de gran importancia en la resistencia a los fármacos, debido a que desencadena la expresión de diversos genes participantes, los cuales al aumentar no permiten que las células cancerosas mueran y evita que éstas respondan a los estímulos que se desencadenan por el uso de quimioterapéuticos.

En México se reportan anualmente

6 mil

decesos por cáncer de mama

Para realizar el estudio, los científicos realizaron un modelo celular derivado de cáncer de mama, el cual se obtuvo a partir del estímulo constante de la interleucina 1-beta (citosina pro inflamatoria), sobre células cancerosas que no eran invasivas y que respondían a los tratamientos. Como resultado se obtuvo una línea celular con características de metástasis y resistente a fármacos que se utilizan para el tratamiento de este tipo de cáncer.

Mónica Mendoza, quien pertenece al grupo de trabajo de Isaura Meza Gómez, investigadora del Cinvestav, explicó también que en las células con el fenotipo agresivo se realizó un análisis de secuenciación masiva, el cual permitió conocer de manera amplia los genes que se estaban aumentando y disminuyendo en este modelo celular.

"Uno de los genes que más se aumentó por el estímulo de esta citosina fue el gen BIRC3, que se sabe participa en la inhibición de la apoptosis, la cual debería de llevarse a cabo cuando las células que no son resistentes responden a los tratamientos", afirmó la investigadora.

Empleando ingeniería genética, apuntó Mendoza Rodríguez, observamos que al inhibir la expresión de este gen las células cancerosas se vuelve más sensibles al tratamiento y pueden ser destruidas, por lo que parte de la investigación está encaminada a analizar otros fármacos y genes que nos ayuden a entender y ampliar más el panorama de cómo un microambiente inflamatorio puede generar agresividad en un tumor.

De acuerdo con la investigadora, conocer estos mecanismos daría la oportunidad de desarrollar terapias encaminadas a mejorar los tratamientos que existen en la actualidad para beneficio de los pacientes, por lo que el gen BIRC3 podría ser un posible blanco terapéutico en tumores de mama.

Este cáncer es una de las neoplasias malignas más frecuentes y una de las primeras causas de muerte a nivel mundial, tan sólo en México anualmente se reportan seis mil decesos y se presentan alrededor de 23 mil casos nuevos, es decir 60 nuevos casos al día, según cifras de la Secretaría de Salud.

Para combatir el cáncer, la investigación enfocada en el desarrollo y validación de marcadores biológicos resulta de gran ayuda para adecuar los tratamientos y la prevención a los pacientes individuales, lo que repercutirá en los costos que genera la atención de este padecimiento. De manera particular, los estudios genéticos y de biología molecular ofrecen un camino hacia pronósticos y tratamientos más eficaces que pueden impactar en programas de salud pública.

EVOLUCIÓN DEL FRIJOL

Para poder disfrutar de unas enfrijoladas, sopes o panuchos, entre muchos platillos más, el frijol que se emplea tuvo que pasar por un proceso de domesticación y evolución de al menos 10 mil años, según demostró una investigación realizada en la Unidad de Genómica Avanzada (UGA) del Cinvestav.

Esta leguminosa pasó de ser una planta silvestre a ser uno de los ingredientes más importantes en la cocina mexicana, al grado de que en la actualidad se consumen en el país más de 50 variedades, desde blancas alubias hasta frijoles negros.

México es reconocido como centro primario de domesticación y diversidad genética del frijol, especialmente en el género *Phaseolus vulgaris* o frijol común, la leguminosa de mayor consumo humano que representa 36 por ciento de la ingesta diaria de proteínas de la población mexicana. Por ello es necesario agilizar los programas de mejoramiento de este cultivo para enfrentar el reto de la seguridad alimentaria del país.

Una manera efectiva de hacerlo es a través del estudio de la información genética de las variedades y especies de frijoles con que cuenta México. La investigación realizada en UGA, reconstruyó un modelo evolutivo del frijol común en el continente

americano, que refuerza su origen Mesoamericano, revelando un evento de especiación sorprendente en la zona central de los Andes. Asimismo, este proyecto evidenció cómo se ha modificado esta información (genoma) a lo largo de la evolución y desde su domesticación, así como la capacidad de intercambio de material genético entre poblaciones silvestres y cultivadas.

Martha Rendón Anaya, investigadora cotitular del estudio, explicó que se secuenciaron 30 genomas de frijol comprendiendo 12 especies diferentes. Donde también se estableció que los procesos de domesticación que iniciaron hace alrededor de 10 mil años de manera paralela en Mesoamérica y la zona de los Andes, afectaron un número importante de genes en común (599), lo cual explica que las variedades domesticadas compartan una serie de rasgos morfológicos de importancia agronómica.

La investigadora aseguró que este descubrimiento dilucida en gran medida la adaptación de la planta a varios climas y condiciones: "una de las consecuencias más interesantes es que hay muchos genes de resistencia al estrés biótico y abiótico, que se mueven con frecuencia entre diferentes poblaciones y eso permite que el frijol se adapte a diferente climas donde es introducido".

Alfredo Herrera Estrella, líder del proyecto, comentó que el *P. vulgaris* tiene la capacidad de compartir material genético tanto con especies silvestres como mejoradas, hallazgo que apoyará en gran medida a realizar programas de mejoramiento genético dirigido y así contribuir al incremento de la productividad y disponibilidad de este cultivo. "Regularmente se cree que el frijol es una planta autógama, es decir que se autopoliniza, por lo tanto se creía que difícilmente tenía material genético de otras especies. Sin embargo, esta investigación demostró que existe transferencia de información genética entre poblaciones silvestres y domesticadas como resultado de hibridaciones o cruzas naturales", mencionó el investigador.

Con este modelo se pudo visualizar en dónde están sus ancestros y cómo se fue moviendo en el continente americano para después ser domesticado tanto en los Andes como en Mesoamérica, encontrando una especie hermana de *P. vulgaris* que previamente se había considerado su forma ancestral.

Para realizar este proyecto se estableció un equipo multidisciplinario que incluía la plataforma tecnológica de secuenciación y análisis informático más robusta de Iberoamérica, con la participación de grupos de investigadores de Argentina, Brasil, España y México, bajo la coordinación de la UGA del Cinvestav.

El equipo en una primera entrega de su trabajo, descifró el genoma completo de una línea de frijol mesoamericano, reportado en febrero del año pasado. Este proyecto ha permitido demostrar la capacidad de países iberoamericanos en materia de desciframiento genómico y deja en claro el impacto que a futuro podrían tener esta área y la bioinformática en problemas que atañen a nuestras vidas de manera muy importante, como la lucha contra el cambio climático y el reforzamiento de la seguridad alimentaria.

Es a través del conocimiento que se podrá tener aplicación en programas de mejoramiento genético que incrementen la calidad de la semilla y el rendimiento del cultivo del frijol, así como preservar la biodiversidad.

Esta leguminosa se produce en las 32 entidades del país, tan sólo en 2016 la superficie sembrada de frijol fue de un millón 632 mil hectáreas, de las que se obtuvo una producción de un millón 766 toneladas, según datos proporcionados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

(Wendolin Collazo)

Fotografía: Francisco Campos Paredes

BIENVENIDOS A

Al verificar en la base de datos del inventario la inexistencia de la placa de aluminio que requiere para terminar el ensamblaje, decide parar esa producción y empezar un nuevo producto con los materiales que sí están disponibles a fin de no generar pérdidas a la empresa.

No se trata de un empleado común, sino de un robot manufacturero dotado con inteligencia artificial, que utiliza la información de internet para realizar los ajustes en su trabajo diario. En la planta de producción sólo se encuentran más robots con las mismas características y la única persona presente es el gerente de producción que camina con un *smartphone* o una tableta desde los que vigila el correcto funcionamiento de la planta. Bienvenidos a la Industria 4.0.

El concepto, acuñado a principios de siglo, reconoce como antecesores la revolución industrial a partir de las máquinas de vapor, luego la producción en masa con líneas de producción basadas en electricidad y finalmente la automatización gracias al uso de robots operados por personas.

La Industria 4.0 se basa en la manufactura por parte de robots cooperativos que pueden reconfigurarse por sí mismos en caso de fallo en elementos de producción, y que para ello emplean el llamado internet de las cosas y programación embebida, con la que es posible comunicarse entre ellos para realizar las adaptaciones necesarias, lo que se conoce como producción flexible.

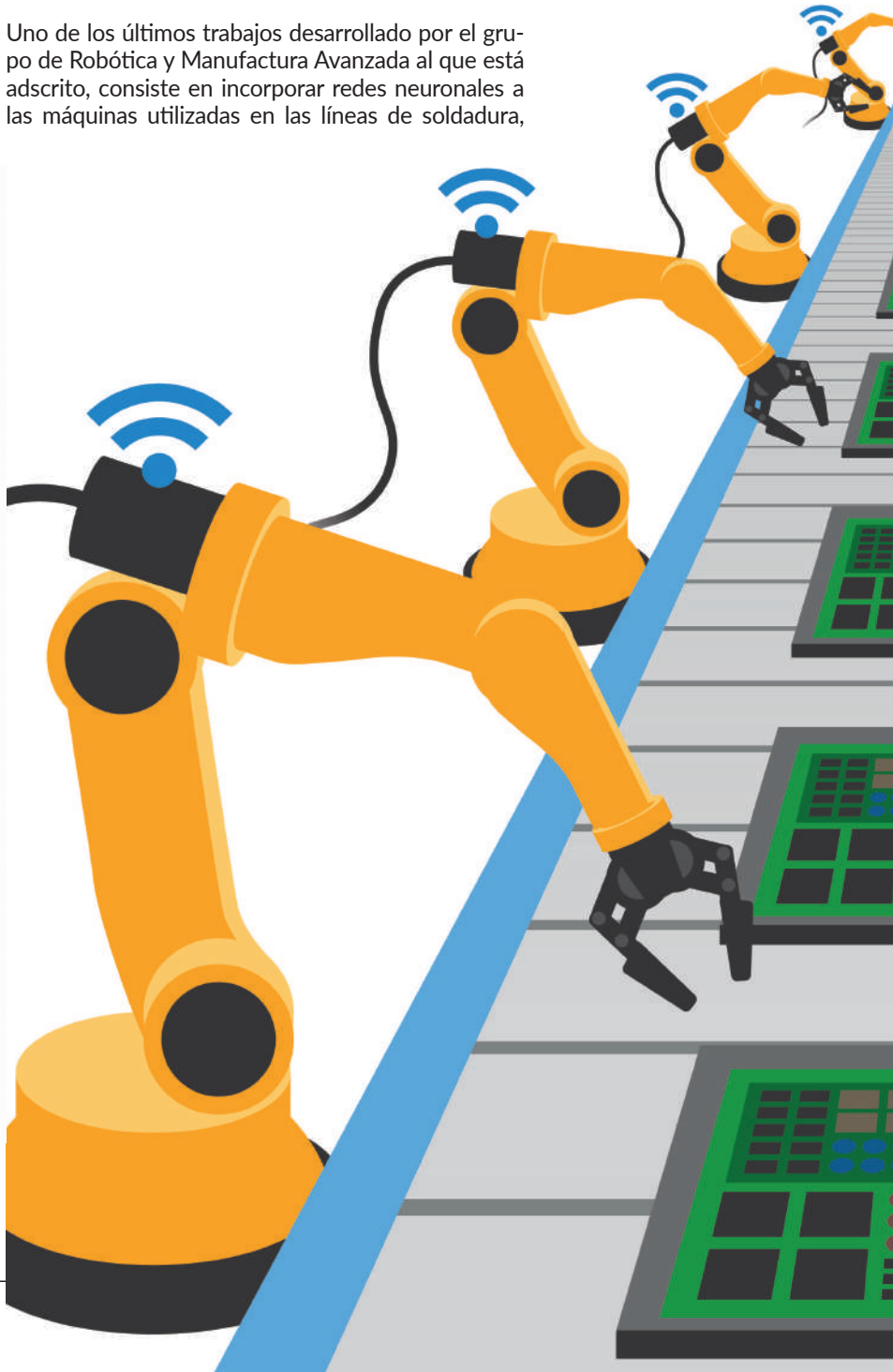
De acuerdo con la encuesta *2016 Global Industry 4.0*, realizada por la consultora PricewaterhouseCoopers (PWC), a nivel mundial sólo 33 por ciento de las empresas industriales globales tienen un nivel de digitalización avanzado en su producción, pero se prevé un acelerado crecimiento en los próximos años debido a que estas firmas podrían considerarse como tractoras que vayan involucrando a las empresas satélites proveedoras

Estos datos tienen repercusiones radicales en los niveles de competitividad de los países, que hasta ahora lideran Alemania, Japón y China, pero que en el caso de México, al apostar a la recepción de inversiones y la manufactura deberá integrarse lo más rápido posible a la Industria 4.0.

Para Ismael López Juárez, del Cinvestav Unidad Saltillo, las industrias que dejen de ser competitivas están destinadas a la desaparición, por lo que es necesario realizar investigación sobre soluciones para esta nueva era.

Por ello, desde hace más de dos décadas trabaja en la aplicación de redes neuronales artificiales a robots empleados en la industria, con el objetivo de que las máquinas puedan reformular su línea de trabajo de acuerdo a las necesidades de la empresa.

Uno de los últimos trabajos desarrollado por el grupo de Robótica y Manufactura Avanzada al que está adscrito, consiste en incorporar redes neuronales a las máquinas utilizadas en las líneas de soldadura,



LA INDUSTRIA 4.0

para lo cual diseñaron un controlador capaz de determinar los parámetros que emplea el robot que realiza los puntos de soldadura.

El trabajo consistió en determinar desde variantes como el ancho y alto de las piezas, hasta su capacidad de adaptarse de forma automática en caso de presentarse algún cambio de velocidad o de voltaje y poder compensar los desajustes que se presenten en una línea de producción.

"Lo que hicimos fue desarrollar un controlador que pueda establecer los parámetros de soldadura y sea capaz de adaptarse en caso de cualquier perturbación. De modo que el robot se reposiciona cuando uno de sus sensores láser detecta incidencia en una pieza o bien al momento que su cámara de visión identifique el desajuste en la línea de producción".

Además de la red neuronal, el controlador cuenta con un sistema de lógica difusa que ayuda a dimensionar los cambios (qué tan lejos quedó la pieza a soldar) y enviar la corrección a los robots para que se reposicionen y compensen los errores.

Para todas las pruebas realizadas a este sistema autónomo se emplean robots reales similares a los que usan las industrias para recrear las condiciones con las que se trabajan en las plantas industriales, con lo que la transferencia de la tecnología al sector privado resulta más fácil.

Si bien los desarrollos realizados por el Cinvestav Unidad Saltillo están dirigidos al sector manufacturero, esta tendencia de producción permea en todos los sectores. Tan sólo las empresas dedicadas al empaque y papel prevén gastar en los próximos tres años, a nivel general, alrededor de 15 mil millones de dólares en la digitalización de sus procesos, que es el sector que hará la menor inversión. En tanto, el que más apostará es el sector electrónico, con 243 mil millones de dólares en el mismo periodo, refiere el estudio de PWC.

La Industria 4.0 será un cambio de paradigma para la economía mundial, ya que no sólo modificará la forma de producción de los artículos que adquirimos, sino también al empleo como se conoce hasta ahora, por lo que la mano de obra barata tiene sus días contados.

(Héctor de la Peña)

REDESCUBRIENDO

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

Los restos de un cráneo, una mandíbula y abundante material dental están a punto de cambiar la teoría del origen de la humanidad. Bajo las rojizas arenas del yacimiento arqueológico de Jebel Irhoud, al oeste de Marruecos, un grupo de antropólogos del Instituto Max Planck, liderado por Jean-Jacques Hublin, encontró vestigios de lo que parece ser un grupo *Homo sapiens* de al menos 315 mil años de antigüedad.

La idea de que el primer humano apareció en la África subsahariana hace no más de 200 mil años parece tener sus días contados, ya que la investigación, publicada recientemente en la revista *Nature*, sugiere que los primeros humanos se encontraban en un área más amplia del territorio africano del que se pensaba.

Esas suposiciones del grupo de Jean-Jacques Hublin se refuerzan con la investigación del genetista de la Universidad de Upsala, Suecia, Mattias Jakobsson,

LA HISTORIA

quien secuenció el genoma de individuos que vivieron hace aproximadamente 2 mil años y encontró que sus antepasados divergieron más de 260 mil años antes, lo que significa que el humano moderno ha estado en la Tierra por un mayor periodo al que hasta ahora se sabía.

En México, un territorio donde habitaron diferentes culturas prehispánicas y del que aún se tienen muchas interrogantes sobre su forma de vida, también se han realizado diferentes hallazgos gracias al uso de varias tecnologías, lo que ha permitido descifrar misterios de los antiguos habitantes.

Para Daniela Sánchez Aroche, candidata a doctora por la Escuela Nacional de Antropología e Historia, el uso de tecnología, como la secuenciación del ácido desoxirribonucleico (ADN) o el empleo de aparatos de reproducción de imágenes (microscopía de barrido) o rayos X, ha resultado fundamental para sus estudios sobre la reconstrucción de las esferas sociales en la etapa precolombina, de manera particular en su trabajo realizado en la Península de Yucatán.

“Estas técnicas permiten profundizar en el conocimiento del México antiguo y de los pobladores. Por ejemplo, del género y edad promedio en urbes antiguas, alimentación y enfermedades principales, diferencias fisonómicas y corporales, producto de migraciones masivas, líneas de parentesco propuestas a partir del rescate y preservación de restos óseos”, subraya la especialista.

En ese sentido, diversos grupos de investigación del Cinvestav han tenido la oportunidad de trabajar con arqueólogos, antropólogos e historiadores a partir de diferentes ramas del conocimiento, que van desde la física, con el uso de técnicas fototérmicas o microscopía de fuerza atómica, hasta la secuenciación genética.

Un ejemplo es el que se realiza en el Departamento de Genética y Biología Molecular, donde desde hace dos décadas el grupo de investigación de María de Lourdes Muñoz Moreno ha hecho diversos hallazgos en torno a las culturas prehispánicas que habitaron el actual territorio mexicano.

Una de las más recientes investigaciones indica que la población maya se relaciona de alguna manera con otras de América del Sur, al demostrar que en algunos casos las secuencias genéticas son idénticas entre aquéllas de los antiguos pobladores de Tabasco, Chiapas, y la península de Yucatán con habitantes de Sudamérica, lo que refiere que hubo un proceso de migración de norte a sur del continente y viceversa. Con estos resultados se demostró que lejos de desaparecer, los antiguos mayas migraron a diferentes partes del continente, incluso a las islas del Caribe.

Para obtener este tipo de información de restos óseos antiguos es necesario trabajar con la secuencia del ADN mitocondrial, ya que no es sencillo obtener el ADN nuclear, como ocurre con muestras de personas contemporáneas.

“Las técnicas son muy similares a las que se utilizan con el ADN actual, la diferencia es que el de restos antiguos está degradado y las cantidades que se obtienen son sumamente pequeñas, entonces la manera como hemos realizado estos estudios es amplificando y secuenciando el ADN mitocondrial, porque éste se encuentra en múltiples copias dentro de cada célula, por lo tanto la probabilidad de encontrarlo es mucho mayor que la de obtenerlo del núcleo”, señala la investigadora

.

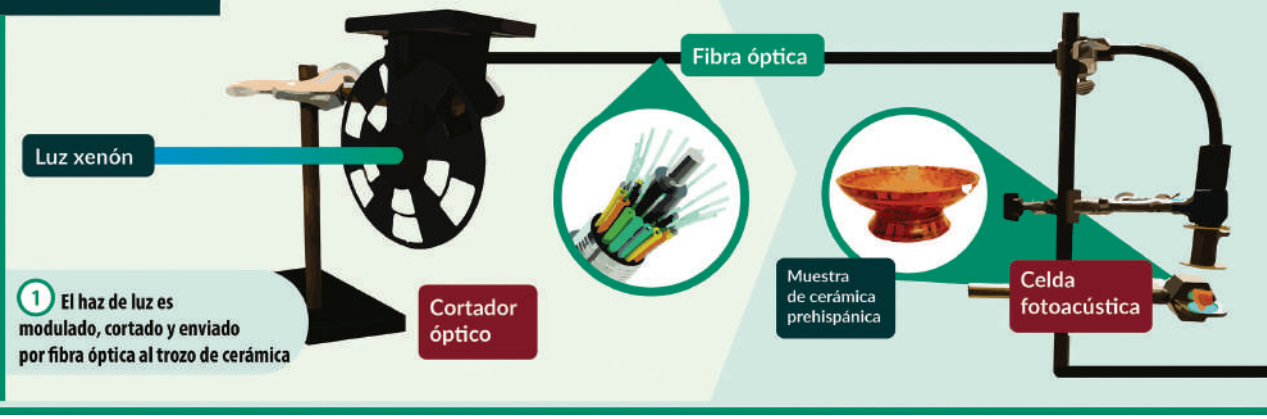
La diferencia entre el ADN mitocondrial y el nuclear es que con el primero se puede conocer el origen materno de la persona, en tanto que el segundo se emplea para secuenciar el cromosoma Y, es decir el de origen paterno.

Para la secuenciación, los investigadores purifican el ADN total y después amplifican el mitocondrial; en seguida, el material obtenido se secuencia y se realiza lo que los especialistas llaman una corrección en el ADN, ya que en sus extremos (conocidos como 5’ y 3’) por lo general se presentan modificaciones que impiden obtener una secuencia real de los fragmentos. Posteriormente se analiza mediante programas de computación especializados.

La corrección permite demostrar que lo que se obtiene es ADN antiguo y no contemporáneo, ya que durante el traslado o la recuperación de los restos puede contaminarse con el rastro de las personas que lo manipularon.

FÍSICA EN LA ARQUEOLOGÍA

La espectroscopía fotoacústica es utilizada por restauradores principalmente para conocer los materiales y pigmentos empleados originalmente en los cerámicos



Trabajar con muestras antiguas representa mayor costo debido a que es preciso reproducir de forma exacta los resultados varias veces para obtener la secuencia real, además de que al ser material único debe manejarse bajo estrictos procesos de esterilidad a fin de evitar la contaminación de las muestras, lo que requiere de equipo e instalaciones específicas que no todos los centros de investigación o universidades tienen en la actualidad.

Sin embargo, la secuenciación del ADN de tejidos antiguos ha sido un gran avance para obtener conocimiento sobre el origen y evolución de las poblaciones más arcaicas de la humanidad, opina la investigadora del Cinvestav.

Los materiales tienen algo que decir

Al igual que la secuenciación genética de tejidos de personas antiguas ayuda a determinar su procedencia, el estudio para la caracterización de los materiales recuperados en excavaciones arqueológicas da visos de la forma de vida y el desarrollo tecnológico que crearon los antepasados para sobrevivir.

En ese sentido, las técnicas como difracción de rayos X o dispersión de energía de este tipo de rayos ayudan a conocer su estructura y composición elemental; en tanto que la microscopía electrónica o la de fuerza atómica son de gran utilidad para saber la superficie morfológica de los materiales. En estas técnicas se ha especializado Andrés Iván Oliva Arias, investigador del Departamento de Física Aplicada del Cinvestav Unidad Mérida, quien ha colaborado con un grupo de arqueólogos en el estudio de materiales empleados por la cultura maya.

De hecho, sus contribuciones han ayudado a determinar a quién pertenecieron algunos restos humanos encontrados, así como a plantear que las antiguas poblaciones de la península de Yucatán tuvieron una serie de intercambios con otras ubicadas en Centroamérica a partir del estudio de los materiales recuperados por arqueólogos de la Universidad Autónoma de Yucatán.

"Hemos empleado diferentes técnicas. Por ejemplo, para entender la estructura cristalina del material utilizamos la difracción de rayos X, lo cual nos permite ver cómo se comporta un haz de luz en los primeros planos cristalinos del material e identificar si el ordenamiento es cúbico o hexagonal, con lo que se puede saber la técnica con la que fue preparado el material cerámico", menciona el investigador.

Otro de los procesos con los que ha colaborado en el estudio de materiales es a través de técnicas como la dispersión o fluorescencia de rayos X, con las que a través de un haz de electrones sobre la superficie a analizar se capturan las señales que, al hacer la interpretación, es posible determinar la composición elemental que tiene la superficie del objeto.

De esa forma se ha determinado si una pieza de cerámica tiene carbón, fierro, zirconio, rubio, etcétera, incluso se puede cuantificar la cantidad de los elementos traza (presentes en una muestra que posee una media de concentración menor de 100 partes por millón). Esta información resulta de mucha utilidad para los arqueólogos debido a que sabiendo las características del material es posible saber si fue elaborado en la zona donde se encontró o fue parte de un intercambio entre comunidades.

Sin embargo, una de las colaboraciones que más impactó al investigador fue realizar el estudio de una muestra de un diente donde estaba incrustada una piedra preciosa, con el cual se determinó que la gema fue colocada con una herramienta giratoria similar a un taladro.

"¿Cuál pudo ser esa herramienta? Es evidente que emplearon una madera dura y una maquinaria similar a un taladro para hacer un desgaste exacto del diente e incrustar la piedra. Eso demuestra que esos pobladores tenían un alto nivel de conocimiento", sostiene Oliva Arias.

Una sorpresa similar se llevó Alfredo Cruz Orea, investigador del Departamento de Física del Cinvestav, quien también ha participado en el análisis de materiales empleados por los aztecas y durante la época colonial, ya que gracias a sus aportaciones se han podido distinguir los procesos de cocido de piezas cerámicas antes y después de la Conquista.

"Nosotros empezamos a trabajar con piezas de cerámicas encontradas en la zona centro de la Ciudad de México, tanto aztecas como coloniales, para determinar los elementos que las conforman y el tipo de terminado que tenían, ya que lo que buscaban los arqueólogos era caracterizarlas físicamente y usar este conocimiento en una restauración fiel de los objetos encontrados".

Cruz Orea se ha especializado en técnicas fototérmicas a partir de las cuales se deducen las propiedades ópticas, estructurales y térmicas de las piezas. Por ejemplo, la espectroscopía fotoacústica ayuda a reconocer los pigmentos naturales empleados, debido a que cada uno de ellos presenta un espectro de absorción óptico particular.

Para obtener el espectro de absorción óptico de los materiales se aplica luz modulada (que proviene de una lámpara de xenón) a la muestra que está encerrada en una celda fotoacústica, la cual está sellada herméticamente en uno de sus extremos con una ventana de cuarzo, de modo que conforme el material absorbe la luz modulada incidente, aumenta su temperatura periódicamente, por lo que se presenta una variación de presión en el aire dentro de la celda, lo que produce un sonido proporcional, en intensidad, a la absorción óptica de la muestra, en cada longitud de onda incidente.

El grupo de investigación de Cruz Orea también emplea una técnica conocida como espectroscopía fotopiroeléctrica para obtener la efusividad térmica de diferentes piezas, la cual usa un haz de luz láser modulado que, al incidir sobre la muestra, genera una respuesta térmica que indica la capacidad del material para transmitir el calor hacia su entorno.

Un modelo teórico de esta técnica, basado en las ecuaciones de difusión de calor, permite obtener la efusividad térmica de la muestra. En el caso de las cerámicas estudiadas se pueden obtener diferencias en efusividad térmica que sugieren cómo pudo ser fabricada la pieza, así como estimar posibles temperaturas que alcanzó durante ese proceso de acuerdo también a registros arqueológicos.

Este procedimiento ayuda a los arqueólogos a reconocer si el material fue realizado antes o después de la Conquista, ya que la tecnología empleada por las culturas prehispánicas alcanzaba una menor temperatura para obtener los materiales, en comparación con las técnicas de cocido europeo que utilizaban más calor.

Con microscopía electrónica de barrido el investigador del Cinvestav ha caracterizado los materiales empleados en el sitio arqueológico de Chingú, en Tula, Hidalgo, a fin de identificar el lugar de donde se obtuvieron, que en ese caso resultó ser de una cantera cercana al templo.

Cruz Orea describe esta técnica como la aplicación de un haz de electrones, enfocado mediante campos electromagnéticos, que interactúa con la muestra y produce electrones que rebotan de la misma o bien son "arrancados" de ella, con lo que se estudian sus niveles de energía y de esa forma se establece los elementos que constituyen la pieza.

Estos ejemplos del trabajo que realizan científicos ajenos al campo de la arqueología o antropología, reflejan una tendencia actual de la ciencia en general: la interacción entre diferentes disciplinas del conocimiento que, en el caso de países como México, es de mucha utilidad para conocer más acerca de un pasado que no resulta suficientemente claro, pero que de a poco la ciencia va develando sus secretos.

LLAVE AL PASADO

PALEOGENÓMICA EN ACCIÓN

Los avances científicos permiten que una cantidad microscópica de ácido desoxirribonucléico (ADN) baste para saber cómo evolucionó un oso polar con miles de años de antigüedad, conocer las enfermedades que padecieron los pobladores precolombinos de la zona de Teotihuacán o descifrar el origen del maíz.

Sin embargo el ADN que se emplea para estos fines es muy singular, se le conoce como ADNa (antiguo) porque se extrae de muestras arqueológicas y paleontológicas mayores a 100 años o que están conservadas en un museo. Se puede obtener del tejido de una persona, animal o planta y permite conocer el pasado genómico: edad, orígenes, enfermedades, historia demográfica, alimentación y hasta su evolución.

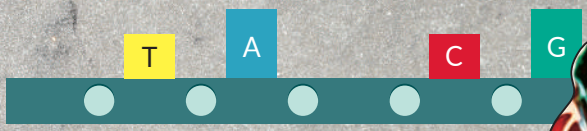
Este nivel de conocimiento sobre nuestro pasado tiene un gran impacto en el presente y lo tendrá para el futuro, por lo menos así lo demuestra el trabajo que realiza el Laboratorio de Paleogenómica de la Unidad de Genómica Avanzada (UGA) del Cinvestav, especializado en la extracción y análisis de ADN antiguo.

Hasta el momento uno de sus principales trabajos ha sido la réplica de la extracción de ADNa de un oso polar de hace 120 mil años, estudio que realizó en conjunto con la Universidad de Búfalo (Estados Unidos), para analizar su genoma y entender cómo evolucionó su población a la par de la historia del clima de la Tierra.

Los resultados de esta colaboración llevaron a concluir que los osos polares habitan el planeta desde hace cuatro o cinco millones de años, en lugar de 600 mil como se creía, y que han sobrevivido a cambios climáticos en el pasado. El estudio constituye el análisis más extenso del ADNa de

El ADN antiguo se puede extraer de dientes, fémur, tibia, peroné, falange, tejidos blandos, restos paleobotánicos, entre otros.

El ADNa que se extrae en México presenta mayor degradación a causa del clima cálido que prevalece (la imagen muestra una secuencia de ADN incompleta)



MÉXICO Clima cálido

Lo que se puede obtener con el ADNa:

SEXADO
hombre-mujer

ANCESTRÍA
África, Asia, Europa, Oceanía, Medio Oriente

FENOTIPO
tono de piel, color de ojos, cabello, etc.

SUSCEPTIBILIDAD A ENFERMEDADES

RELACIONES DE PARENTESCO

DETECCIÓN DE ENFERMEDADES
Infecciosas, así como estudios evolutivos de los patógenos

oso polar hasta la fecha y se publicó en la revista científica *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS) de julio de 2012.

El Laboratorio de Paleogenómica también ha realizado diversos estudios con la Universidad Autónoma de Barcelona, que solicitó el análisis de ADNa de individuos de la edad del Bronce de las islas Baleares (España), para corroborar sus resultados en torno a la autenticidad en su antigüedad, en el que se obtuvieron datos concordantes. Así mismo, esta colaboración demostró por primera vez la reproducibilidad de la recuperación de ADN de *Treponema pallidum pallidum*, el agente causal de la sífilis venérea, a partir de restos recuperados de un osario de la cripta de La Ermita de Soledad, en Huelva, construida entre los siglos XVI y XVII, así como hacer análisis molecular del *Streptococcus mutans*, bacteria relacionada con la caries, lo que fue publicado en julio de 2014 en la revista *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences*.

Sin duda, uno de los estudios más relevantes en los que ha participado el Laboratorio a la fecha ha sido la caracterización de tres muestras de genoma ancestral de maíz, que datan de entre 5 mil y 5 mil 300 años (Véase "Maíz, genes ancestrales", *Avance y Perspectiva* marzo-mayo 2017, pp. 16-17).

Este trabajo, realizado en colaboración con el grupo de Jean-Philippe Vielle Calzada, adscrito a UGA, ha sido importante para el Laboratorio de Paleogenómica, señala su responsable Rafael Montiel Duarte. "Fue hecho completamente en México. Trabajamos con arqueólogos nacionales para obtener las muestras en las mejores condiciones, participamos en la excavación, hicimos la extracción del ADNa, las bibliotecas genómicas y parte del material se secuenció en los laboratorios especializados de la UGA del Cinvestav, y también se publicó en PNAS".

De acuerdo con Montiel Duarte, el análisis del ADNa aún es un campo complejo. De hecho, la investigación del maíz ancestral reveló una de las complejidades de trabajar con él, ya que cada muestra se preserva de manera distinta aunque provenga del mismo yacimiento. En este caso se extrajeron varias muestras, entre ellas unas que, pese a tener cinco mil años, presentaron una buena cantidad de material genético, en tanto que el obtenido de las de mil 500 años, contenía menor proporción.

De hecho, analizar material antiguo que proviene de regiones de América Latina, incluyendo México, es todo un reto, ya que dadas las condiciones climáticas (que tienden a ser cálidas), presenta una degradación mayor y por lo tanto se obtiene una menor cantidad de ADNa, en comparación con las muestras de Europa que se han preservado mejor debido a las temperaturas frías que predominan en aquella zona.

Sin embargo, independientemente del grado de preservación, el propósito es obtener resultados relevantes, aunque las condiciones sean menos favorables. En Europa ya se han logrado analizar muestras humanas de hasta 40 mil años de antigüedad, con resultados aceptables, en cambio en nuestro país, aún no identificamos el límite general de preservación de muestras en las distintas regiones de México.

Además, dice Montiel Duarte, para cualquier laboratorio del mundo una de las dificultades es que las muestras son sensibles a ser contaminadas con ADN actual (fresco), principalmente por las personas que las manipulan, lo cual alteraría el resultado, por lo que se requiere de laboratorios y personal cada vez más especializados, como el del Cinvestav, para disminuir este riesgo.

Para el investigador, es importante eficientar el uso de las herramientas moleculares para que sea posible trabajar con menos tejido. Así como establecer mejoras constantes en los protocolos de análisis de ADNa, ya que en condiciones idóneas trabajan con 0.5 o 1 gramo de hueso u otro tipo de tejido, sin embargo, han logrado obtener secuencias genómicas con cantidades menores a este rango, es decir, de 0.1 a 0.03 gramos, como en el caso de una muestra de maíz muy antigua y valiosa que ahora está bajo análisis.

En ocasiones el ADNa se presenta en fragmentos tan pequeños, de entre 40 y 60 pares de bases, cuando lo idóneo sería entre 80 y 100. Los protocolos estándar no contemplan fracciones tan minúsculas, incluso se eliminan, lo que incrementa el reto de desarrollar métodos para rescatarlas.

“Actualmente lo que demanda el campo es emplear nuevas técnicas que nos permitan seleccionar el poco material encontrado y enriquecerlo con ADN endógeno (auténtico) antes de secuenciarlo, lo cual posibilita el análisis de un mayor número de muestras y disminuir costos. Nosotros hemos tenido que aislar fragmentos más pequeños de lo habitual, incluso de 30 pares de bases, por lo que modificamos nuestros protocolos para dirigirnos a este tipo de tejidos, ya que el resultado a nivel de análisis y caracterización del ADNa se está logrando pese al ínfimo tamaño”, afirma Rafael Montiel.

Colaboraciones en puerta

Actualmente tienen un amplio abanico de muestras paleobotánicas mesoamericanas en proceso de análisis, como el frijol, calabaza y agave. Por ejemplo, con Angélica Cibrian, de la UGA, estudian el proceso de domesticación del chile que, como el análisis de otras plantas antiguas, tiene la finalidad de contribuir al mejoramiento de los cultivos mesoamericanos ante amenazas como el cambio climático.

En el ámbito del análisis de restos humanos colaboran con antropólogos y arqueólogos como Linda Manzanilla, del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM, para hacer análisis genético de restos localizados en el barrio de Teopancazco, en Teotihuacán. Aquí se han centrado en definir la estructura genética del sitio, es decir, corroborar la multietnicidad que existió, la cual había sido inferida sólo de manera indirecta, a través de excelentes análisis multidisciplinarios, pero faltaba la perspectiva genética. Además diseñaron y aplicaron un nuevo método para determinar el género de los individuos a nivel molecular, principalmente en infantes, ya que su estructura ósea no permite hacerlo de forma antropométrica.

Con Linda Manzanilla también harán una investigación paleogenómica en el sitio arqueológico de Xalla, un conjunto arquitectónico ubicado a 250 metros de la Pirámide del Sol, también en Teotihuacán, que contribuirá a profundizar en el entendimiento de esta gran urbe.

El convenio con el arqueólogo Ángel García Cook (fallecido en enero de este año), seguirá adelante con su equipo, para analizar muestras de la población precolombina de Cantona. Este es uno de los sitios más importantes de Puebla, que se considera contribuyó en gran medida con aspectos culturales y sobre todo genéticos a poblaciones actuales mexicanas. El mismo enfoque tiene el estudio en la zona arqueológica de Cañada de la Virgen, ubicada cerca de San Miguel Allende, en Guanajuato, donde se analizarán por primera vez a nivel genético restos óseos humanos que probablemente corresponden a un asentamiento otomí que data del 540 al 1050 d.C y en el que posiblemente vivieron también migrantes teotihuacanos. El estudio lo lidera Karla Sandoval, también de la UGA, en colaboración con Gabriela Zepeda, del centro INAH Guanajuato.

Fotografía: EneasMx

También han hecho alianzas a nivel internacional. Estudiarán las momias de El Brujo, uno de los sitios arqueológicos más antiguos de la costa norte de Perú. Por medio de la obtención y análisis de ADNa se establecerá hasta qué punto se puede determinar la estructura genética de los pobladores, y aplicarán las técnicas de sexado y de detección de enfermedades tanto infecciosas como genéticas. En este proyecto se forjó un antecedente necesario sobre cómo proceder para obtener permisos de estudio en cada país, respetando sus procedimientos para la extracción de material arqueológico y evitar saqueos. El estudio lo lideran Karla Sandoval y Andrés Moreno en colaboración con expertos peruanos.

Pioneros de la paleogenómica

Aunque ya había grupos que desarrollaban investigación de ADNa en México, el Laboratorio de Paleogenómica, inaugurado en 2010, es considerado pionero en América Latina por sus características. Su diseño se basó en estándares internacionales y su construcción se realizó siguiendo las especificaciones de cuartos limpios de uso militar, cuidando cada detalle de las dos áreas aisladas que lo conforman, los dos pasillos de transferencia, el área gris de acceso, la colocación de los filtros, lámparas UV y el sistema de presión positiva que regula cada zona; todo para impedir el paso de cualquier contaminante externo y los que puedan ser portados por los usuarios.

El desarrollo, estandarización y constante actualización de las técnicas que se utilizan en este laboratorio, como el uso de secuenciación masiva en paralelo, han permitido generar genomas casi completos de los organismos analizados, llevar a cabo estrictos protocolos para minimizar la contaminación con ADN moderno y establecer las colaboraciones de índole nacional e internacional, estimulando a que más investigadores e instituciones estén interesados en desarrollar proyectos paleogenómicos en México, en lugar de recurrir al extranjero.

Investigadores de la Unidad de Genómica Avanzada del Cinvestav trabajan con materiales encontrados en la zona arqueológica de Cañada de la Virgen, Guanajuato

"Estamos en una competencia a nivel internacional, ya que muchos arqueólogos envían muestras al extranjero porque piensan que será más rápido y mejor; pero ya demostramos que en México tenemos la capacidad de hacerlo. Lo primordial es continuar y extender las colaboraciones con otras instituciones nacionales, pues en el campo del ADNa se requiere cooperación entre laboratorios para replicar resultados y así ser más competitivos", dice Rafael Montiel.

Por lo pronto, una misión es consolidarse como un grupo formador de recursos humanos, con excelentes herramientas teóricas y tecnológicas, que sean hábiles en todos los aspectos del proceso, así crear una verdadera masa crítica en México para que la paleogenómica crezca a nivel nacional. El laboratorio participa en un programa de posgrado en el que se busca que los estudiantes se formen de manera integral y desarrollen proyectos interdisciplinarios que enriquezcan la interpretación de los resultados.

Como investigadores en genómica, destaca Rafael Montiel, nos interesa tener una mejor comprensión de cómo era la variación de los genes antes de que ocurrieran los procesos de conquista y colonización. Podemos conocer la variabilidad genética que había en el pasado a través de los sobrevivientes, estudiando las poblaciones indígena y mestiza actuales. Sin embargo, una visión más completa se puede obtener mediante la paleogenómica con el estudio del ADN antiguo y así responder preguntas: ¿Cómo se ha moldeado el genoma de los mexicanos hasta nuestros días?, ¿se perdió alguna variante en el camino?, ¿qué impacto tiene esto a nivel de salud de las poblaciones actuales? Es una tarea monumental, pero sin duda se debe hacer.

(Luisa Miranda)

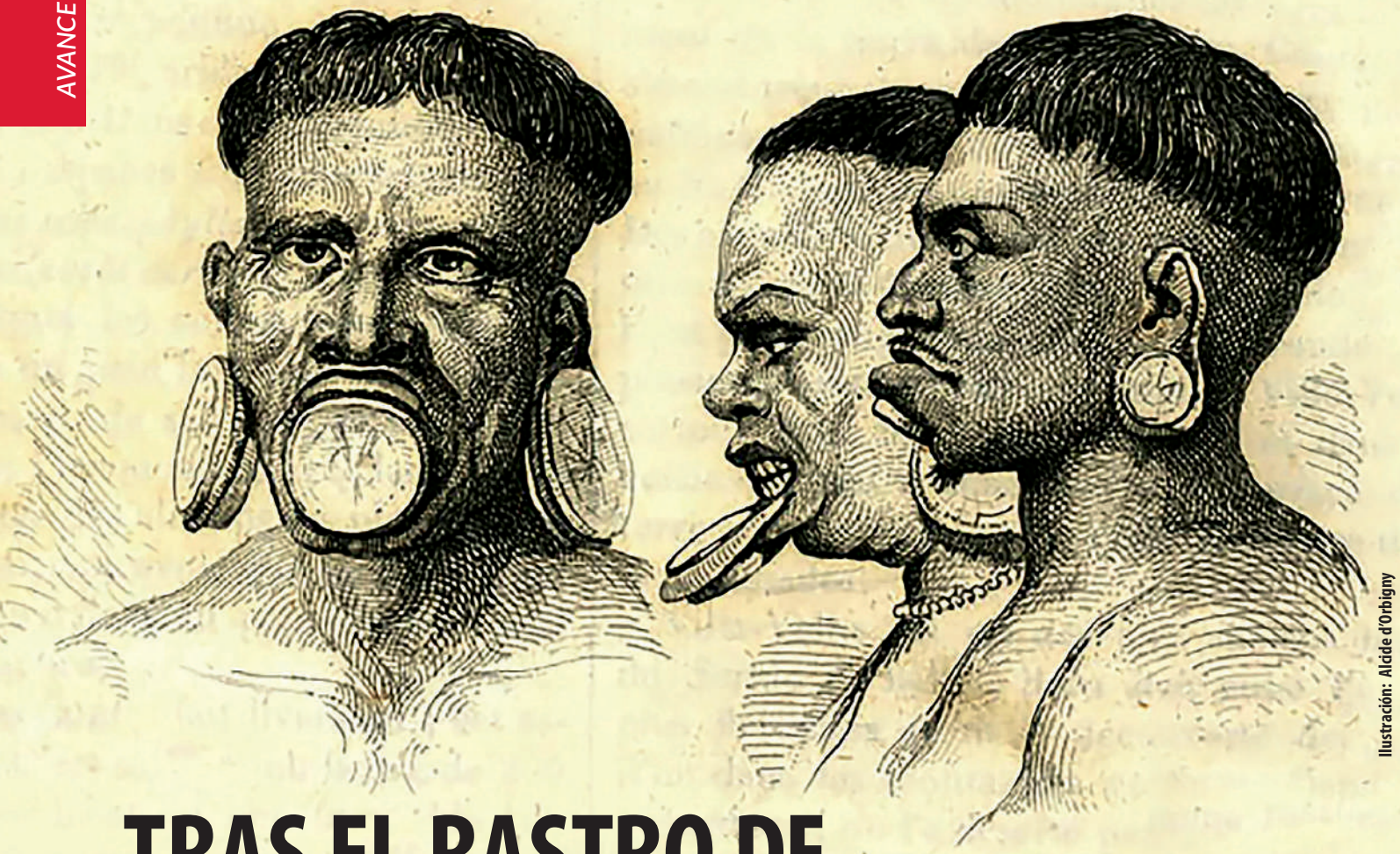


Ilustración: Alcide d'Orbigny

TRAS EL RASTRO DE LOS POLINESIOS

Hablar de los botocudos es referirse a una tribu polémica. Este grupo de América del sur era considerado violento, polígamo e incluso antropófago. Su origen se remonta al siglo XVI, gustaban de andar desnudos y deformar sus orejas y labios con el uso de ornamentos en forma de disco hechos de madera de barriguda, denominados botoques, de ahí su nombre.

Los también llamados *aimoré* dominaban la extensa región de selva brasileña al norte, desde Río Doce hasta San Mateo, donde había grandes yacimientos de oro y gemas, razón por la que los colonizadores portugueses hicieron todo lo posible por exterminarlos hacia el siglo XIX.

En menos de 300 años los botocudos, quienes habían resistido el proceso de colonización, vieron reducido su número a unos cuantos individuos, de los cuales no se conserva un gran registro histórico. Al parecer sólo quedaron algunos personajes que se consideran parientes cercanos y 35 cráneos, los cuales hoy están exhibidos en el Museo Nacional de Río de Janeiro.

Un estudio realizado por investigadores de la Universidad de Minas Gerais, en Belo Horizonte, Brasil, y del Museo de Historia Natural de Dinamarca, propuso dilucidar el origen de esta etnia, con el objetivo de descubrir cual era el grupo índigena moderno más parecido a ellos. Los investigadores seleccionaron 14 cráneos a los cuales les extrajeron de los dientes el ADN mitocondrial, que permite reconstruir la ascendencia materna.

Luego del análisis encontraron algo inusual en dos de los cráneos: su ascendencia no era americana. Presentaban una secuencia que pertenece a un tipo común de ADN (haplogrupo B4a1a1a), pero único de la Polinesia, una región ubicada al sur del Océano Pacífico, conformada por archipiélagos

que en conjunto tienen una dimensión similar a Estados Unidos, aunque sólo tenga menos del uno por ciento de tierra.

El encontrar huellas genómicas polinesias fue un descubrimiento inesperado, el cual mereció ser publicado en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences* en 2013. Pero además, se generaron más conclusiones: estos dos cráneos no pudieron pertenecer a individuos producto del comercio de esclavos que realizaron los europeos hacia América durante el siglo XIX, ya que según los análisis comparativos, ambos personajes habían muerto antes de que se diera este fenómeno. Entonces ¿por qué hay genes polinesios en una colección que se supone es de nativos americanos?, ¿cuál es su antigüedad?

Pavel Salazar Fernández, estudiante de maestría en Biología Integrativa de la Unidad de Genómica Avanzada (UGA) del Cinvestav, se interesó por continuar con la investigación de los científicos brasileños y confirmar sus resultados. Es así que mediante programas informáticos contrastó la información genética disponible de poblaciones modernas de la Polinesia, con los datos obtenidos de las muestras de ADN antiguo (ADNa) de los cráneos de los botocudos.

Muchos de los estudios de ADNa se centran en identificar restos del pasado, conocer su estructura genética (ancestría, género, edad, padecimientos, etcétera) y usar esa información para perfilar a las poblaciones actuales. Sin embargo, el enfoque de su investigación es justamente lo contrario, al recurrir a las muestras de ADN modernas para intentar rastrear de dónde provienen, es posible contextualizar las muestras antiguas.

Pero reunir el ADN moderno de los nativos tampoco es una tarea sencilla. En este caso levantar un nuevo muestreo en la Polinesia hubiera sido complejo, por lo que a través del proyecto denominado Panel de Referencia del Pacífico, la Unidad de Genómica Avanzada del Cinvestav y las universidades de Chile, Stanford y Oxford acordaron poner a disposición de la investigación sus colecciones particulares de ADN tomadas con anterioridad. En conjunto se lograron reunir más de 500 muestras que pertenecen a 18 de las islas, principalmente de Papúa Nueva Guinea, Fiyi, Polinesia Francesa y la isla de Pascua, ésta última la más alejada de la zona.

Las muestras se compararon tomando en cuenta el registro de los llamados polimorfismos de un solo nucleótido (SNP, por sus siglas en inglés), que es una variación en la secuencia del ADN del genoma que afecta a una sola base, ya sea adenina, timina, citosina o guanina.

Para realizar la reconstrucción histórico-poblacional, los datos genéticos fueron obtenidos mediante microarreglos, tecnología que permite analizar cientos de miles de SNPs de un gran número de personas de una forma más fácil, rápida y económica que la secuenciación completa del ADN, porque solamente analizan puntos de interés preestablecidos. Gracias a ello identificaron características genéticas particulares de los polinesios que los distinguen del resto del mundo.

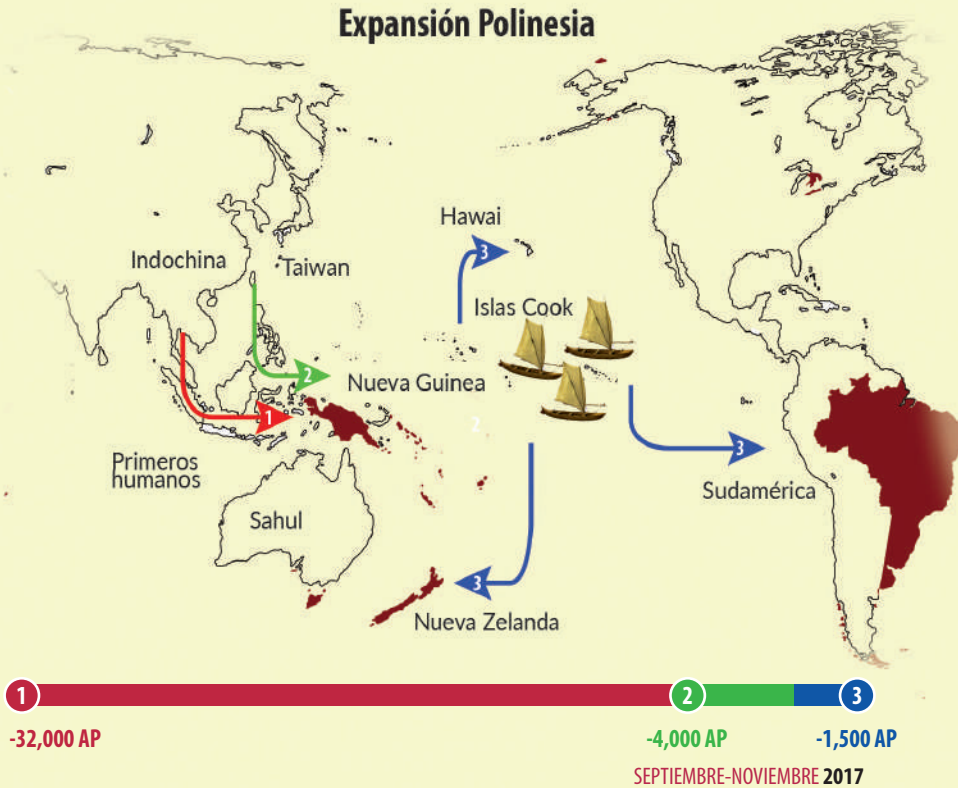
Empleando la bioinformática se alimentaron los programas con los datos previamente obtenidos sobre los SNPs para hacer el cruce de información hasta que se encontraron coincidencias y así precisar el origen exacto de los dos cráneos encontrados al norte de Brasil. La coincidencia apuntó a una mayor presencia de polimorfismos en las islas Marquesas, a más de 65 mil kilómetros de distancia de Sudamérica, y no de las islas Cook de donde se creía eran originarios.

De acuerdo con el estudiante del Cinvestav, el Panel de Referencia del Pacífico contribuyó con nuevos datos genéticos útiles para hacer nuevas interpretaciones antropológicas. Sin embargo, aún existe un gran debate en torno a que los polinesios hayan podido llegar a América sin intervención europea, y aunque la investigación lo sugiere, aún falta más por investigar.

Sin duda, este es un ejemplo de que la genética de poblaciones y el análisis del ADN antiguo pueden llevar a reformar la concepción de la historia humana o simplemente a confirmarla.

(Luisa Miranda)

Es posible que algunos polinesios llegaran a Sudamérica y regresarán a sus islas antes que los europeos lo hicieran a la Polinesia en el siglo XVI, pero no se ha encontrado evidencia suficiente para probarlo



ARTÍCULO

¿QUIÉN INVENTÓ LA TELEVISIÓN A COLOR?

Eduardo Santillan Zeron
Departamento de Matemáticas
eszeron@math.cinvestav.edu.mx

Tres pasiones me acompañan desde que tengo memoria: televisión, matemáticas e historia militar. Ya se imaginarán entonces mi emoción cuando a los 10 años encontré un artículo de periódico sobre Guillermo González Camarena. El texto decía: "Nació en 1917, a los 12 años construyó su primer transmisor de onda larga. En 1930 se inscribió en la Escuela de Ingenieros Mecánicos y Electricistas; dos años más tarde obtuvo la licencia de operador de radio y construyó un transmisor de onda corta controlado a cristal y con bulbo de salida. Trabajaba en la SEP al mismo tiempo que experimentaba en su laboratorio. En 1934, a sus 17 años fabricó su propia cámara de televisión con piezas que parecían inservibles de radios viejas u otros aparatos electrónicos obtenidas en los mercados de la Lagunilla y Tepito".

Ojo, no es buena memoria, todavía tengo el recorte del periódico. Obviamente me emocioné con este artículo, pero me quedaron varias dudas. ¿González Camarena usó un iconoscopio* o un disco de Nipkow para su primera cámara de televisión? Inocentemente le pregunté a mi tío, no digo su nombre para no "quemarlo", pero es hermano de mi padre: —Tío, ¿González Camarena fabricó su propio iconoscopio para su cámara de televisión? La respuesta fue típica de la época: —Pues claro que fabricó el iconoscopio con sus propias manos, él era un niño ejemplar, no un inútil, bueno para nada y estorbo como tú. Un día vas a matar a tu madre de un coraje...

Afortunadamente muchas familias ya no educan con el principio de autoridad; y mis dudas se aclararon al final con un artículo de José de la Herrán. Así, a los 12 años, González Camarena primero construyó un receptor regenerativo de onda larga usando el diagrama de un libro. En 1930 ingresó a la vocacional de la EIME y ahí conoció a Francisco Javier Stavoli y Miguel Fonseca, quienes experimentaban con un sistema de televisión basado en

Fotografía: Sinafo-Conaculta

discos de Nipkow (círculo metálico con una serie de agujeros cuadrangulares dispuestos en espiral). En 1932 armó un transmisor de onda corta controlado con un cristal piezoeléctrico. Finalmente, según me explicó el escritor Carlos Chimal, entre 1934 y 1935, González Camarena fabricó su propia cámara de televisión con ese tipo de disco; los bulbos y demás componentes necesarios los compró en tiendas del centro (como Radio Surtidora, Radio Industrial, Casa Erla, etcétera) o los rescató de radios viejas u otros aparatos electrónicos de los mercados de la Lagunilla y Tepito. Para su receptor de televisión usó un osciloscopio de pantalla verde de un juego (kit) marca Eico.

Aclaradas mis dudas sobre la primera televisión de González Camarena, me surgieron otras más. ¿Quién llevó a cabo la primera transmisión de televisión a color en el mundo? La respuesta es bastante interesante, pero como diría el doctor Viktor Frankenstein y el mismo González Camarena: "vamos por partes".

González Camarena solicitó el 19 de agosto de 1940 una patente en México para un adaptador que convertía los sistemas de televisión de blanco y negro a color. Este invento usaba el sistema secuencial de campos y la patente fue publicada en 1940 con el número MX-40235. Al año siguiente solicitó una segunda patente en Estados Unidos para el mismo invento; ésta fue publicada en 1942 con el número US-2296019 y fecha de prioridad 19 de agosto de 1940. La idea era usar discos que giran sincronizados a alta velocidad y que tenían filtros de color rojo, verde y azul. Un disco se coloca frente a la cámara de televisión y el otro frente al receptor, para así transmitir consecutivamente campos (imágenes) de color rojo, verde y azul.

A Guillermo González Camarena se le otorgó la concesión de su propio canal gracias a sus aportaciones a la tecnología de la televisión a color

Sin embargo, González Camarena no fue el único en experimentar con el sistema secuencial de campos, pues Peter C. Goldmark también solicitó una patente en Estados Unidos para un adaptador que convertía los sistemas de televisión de blanco y negro a color; esta patente la solicitó el 7 de septiembre de 1940 y fue publicada hasta 1949 con el número US-2480571. De hecho, a Peter C. Goldmark se le conoce en ese país como el inventor de la televisión a color, pues presentó su sistema funcionando ante la prensa y la FCC (Comisión Federal de Comunicaciones) norteamericana entre el 29 de agosto y el 4 de septiembre de 1940.

Más aún, la primera transmisión pública de televisión a color la llevó a cabo el escocés John Logie Baird en 1928. Él usó originalmente cámaras de televisión electromecánicas de baja resolución, pero para 1940 ya transmitía escenas a color de alta definición. En la página www.bairdtelevision.com/colour.html se encuentra una imagen transmitida a color de la piloto y actriz británica Paddy Naismith. Por cierto, Baird solicita en 1937 una patente (número GB-508039) para un sistema secuencial de campos con los colores rojo y cian; y en octubre de 1940 solicita otra para un sistema tricolor (número GB-545603).

Entonces, ¿cuál sistema es el bueno? La respuesta la dio el *Columbia College* de Chicago, pues a finales de los años 40 llevó a cabo un sondeo general, buscando el mejor sistema de televisión a color, y al final compró los equipos de González Camarena. Posteriormente, el *Columbia College* de los Ángeles le otorgó un doctorado *Honoris Causa* por sus investigaciones e inventos. Pero entonces, ¿por qué no hubo una disputa de patentes por la televisión a color? Estas disputas industriales son muy comunes en EU. El escritor Carlos Chimal me aclaró de vuelta que sí hubo tal disputa, pero la sangre no llegó al río.

De hecho, el sistema de González Camarena no fue adoptado como estándar para televisión a color en EU. Al principio, en 1949, la FCC eligió el sistema secuencial de campos propuesto por la *Columbia Broadcasting System* (en donde trabajaba Goldmark), pero en 1953 cambió de opinión y aprobó el estándar NTSC. Hubo dos razones para este cambio: Primero, esta señal de televisión es compatible con los televisores blanco y negro, esto es, la misma señal la puede sintonizar tanto un televisor blanco y negro como otro a color sin que haya problema con la calidad de las imágenes recibidas. Segundo, el estándar NTSC fue propuesto por el monopolio RCA, y pues la FCC "dobló las manitas". Por cierto, las siglas NTSC oficialmente corresponden al *National Television System Committee*, pero existe el rumor que realmente significan: *Never Twice the Same Colour* (nunca se ve dos veces el mismo color).

El sistema de televisión a color fue patentado con el número 40235 por Guillermo González el 19 de agosto de 1940

González Camarena no aprobó el estándar NTSC para México, pues los televisores a color NTSC necesitaban casi el doble de bulbos, y costaban más del doble que un televisor blanco y negro. Como alternativa, propuso en 1962 el Sistema Bicolor Simplificado Mexicano, basado en los colores rojo y cian. La información detallada se encuentra en las patentes MX-72473 y MX-73936, ambas publicadas en 1966. La idea era transmitir alternativamente una imagen de color rojo y otra de color cian (azul celeste). Por cierto, esta idea no era nueva, ya había sido usada en 1908 en el sistema *Kinemacolor* para cinematografía y en 1937 en la televisión a color de Baird, pero en este caso "el diablo estaba en los detalles".

Al usar dos colores se obtenía un compromiso. Pues aunque se sacrificaba parte de la gama de colores, era realmente fácil y barato transformar un televisor blanco y negro en uno listo para recibir la señal del Sistema Bicolor Simplificado Mexicano. Cumpliéndose así el objetivo de poner la televisión a color al alcance de todos los bolsillos; y si esta señal a color era sintonizada en un televisor blanco y negro, la calidad de las imágenes recibidas sólo se veía afectada por un parpadeo imperceptible. Los cambios necesarios para transformar un televisor de blanco y negro a color eran los siguientes: Cambiar el cinescopio monocromático por uno a colores y agregar un multivibrador (flip-flop) compuesto por tres bulbos. Los circuitos fueron publicados en el artículo: "Simplified Mexican Color TV", en *Electronics World*, vol. 72(1), julio 1964, pp. 48 y 71. El multivibrador se conectaba a la señal de sincronía vertical y su objetivo era contar las imágenes (o campos) de dos en dos, para así proyectar alternativamente una imagen de color roja y otra de color cian.

Desgraciadamente, González Camarena falleció el 18 de abril de 1965 y no se tomó como una cuestión prioritaria, o de orgullo nacional, el tener nuestro propio estándar de televisión a color. Siguiendo el ejemplo de la FCC en EU, "doblamos las manitas" y adoptamos el estándar NTSC. ¿Por qué era una cuestión de orgullo nacional? Pues porque así fue en la vida real. Por ejemplo, Walter Bruch y su equipo en Alemania crearon su propio estándar PAL para televisión a color en los años 50, después de analizar a fondo y hacer pedazos el sistema NTSC. El estándar PAL fue adoptado en Alemania y en casi toda Europa, pero los franceses no se podían dejar de los alemanes, por cuarta vez, así que Henri de France y su equipo en París crearon su propio estándar SECAM (*Séquentiel couleur à mémoire*) para televisión a color. Así es la vida...

Nota

*Primer dispositivo totalmente electrónico empleado en las cámaras de televisión para transformar en señales eléctricas las imágenes ópticas que se desean transmitir.

AMIBA COME CEREBROS

Fotografías: de los autores

Mineko Shibayama Salas
mineko@cinvestav.mx
Moisés Martínez Castillo
mpmartinez@cinvestav.mx
Departamento de Infectómica y Patogénesis Molecular

La búsqueda de medidas apropiadas para la prevención, control y tratamiento de las infecciones del sistema nervioso central (SNC) requiere de la adecuada comprensión de los mecanismos de defensa del hospedero, así como de conocer las estrategias de daño que despliegan los parásitos. Dentro de las enfermedades más comunes del SNC, causadas por microorganismos patógenos, se encuentran las meningitis producidas por virus, bacterias u hongos, las cuales pueden llegar a ser mortales si no son diagnosticadas y tratadas de manera correcta y oportuna.

En años recientes se ha prestado especial atención a la meningoencefalitis amibiana primaria (MAP), causada por el protozoario *Naegleria fowleri*, al ser una enfermedad de rápida evolución y fatal. Desafortunadamente hasta el momento no existe un tratamiento específico y eficaz contra ese patógeno, además de que el padecimiento es poco conocido en el ámbito médico.

Este microorganismo patógeno tiene acceso al humano por las fosas nasales, llega al neuroepitelio olfatorio, atraviesa la placa cribosa o hueso etmoides (a nivel de la parte media del ojo) hasta llegar al SNC, específicamente a los bulbos olfatorios (ubicados en la cara inferior de los lóbulos anteriores del cerebro).

Los pacientes usualmente presentan una historia de natación, aunque también se ha reportado en personas con rinitis, en los cuales se realizan lavados nasales con agua no esterilizada que puede estar contaminada con estas amibas. La MAP tiene una tasa de mortalidad de 95 por ciento y la muerte suele presentarse entre el séptimo y décimo día después de la aparición de los primeros síntomas, por lo que es de vital importancia realizar un diagnóstico y tratamiento oportuno.

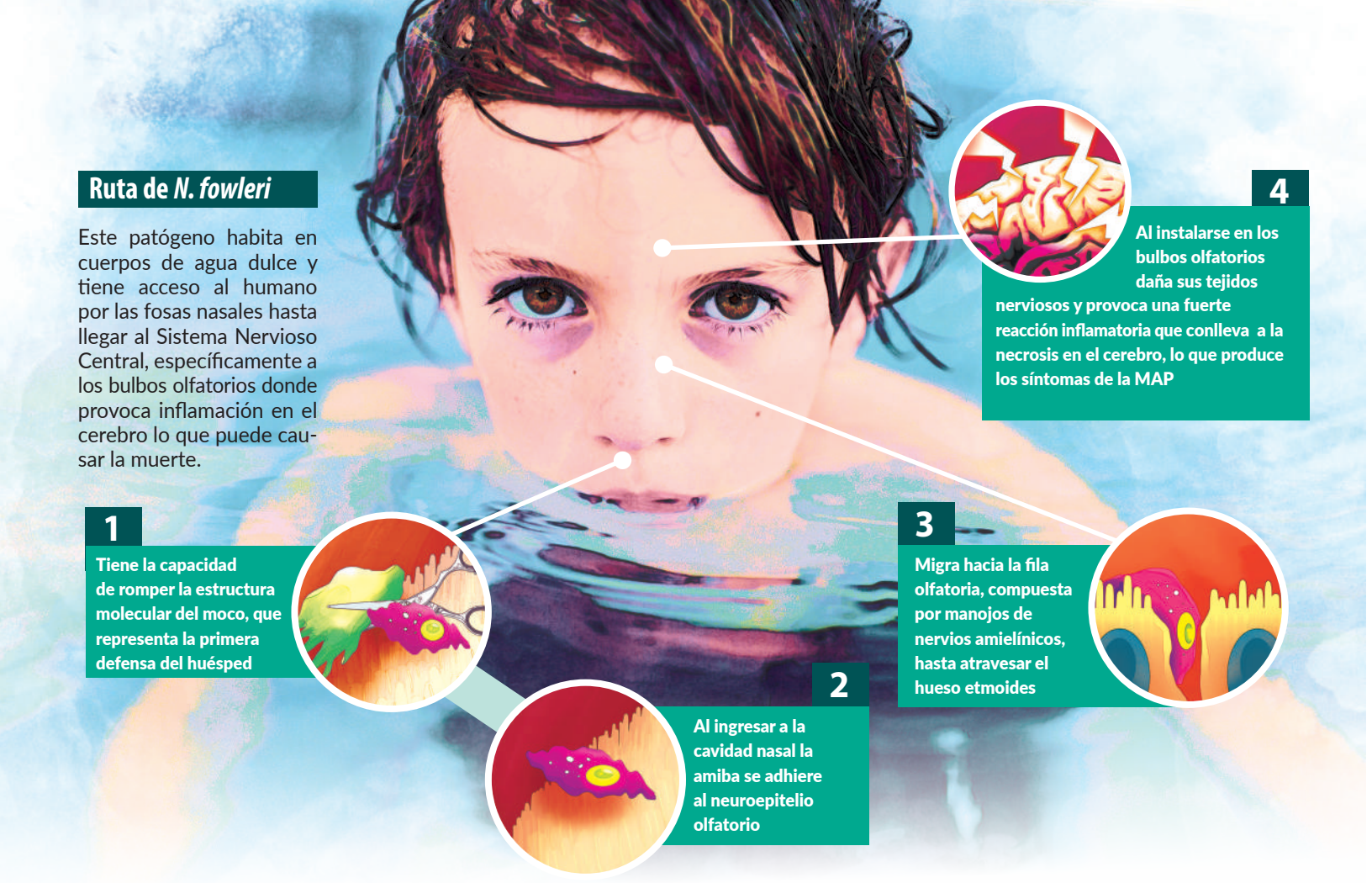
El primer caso de la MAP fue reportado en 1965 en el Hospital Infantil de Adelaida, Australia. A partir de ese momento se comenzaron a identificar más casos en diferentes países, alertando a la comunidad médica a nivel mundial sobre la importancia de esta enfermedad mortal. México no es la excepción dadas las condiciones climáticas, culturales y socioeconómicas que prevalecen en nuestro país.

El primer reporte oficial de la MAP en el país se presentó en un joven de 16 años de edad que realizó actividades acuáticas en canales de riego del valle de Mexicali, Baja California; desde entonces los casos han ido en aumento. Desafortunadamente, hasta la fecha no se cuentan con datos epidemiológicos exactos en la República Mexicana y en el mundo; además es posible que dentro de los casos diagnosticados como meningitis bacteriana

Se observa por microscopía electrónica de barrido dos glóbulos rojos ingeridos por una boca fagocítica de la amiba *Naegleria fowleri*

Ruta de *N. fowleri*

Este patógeno habita en cuerpos de agua dulce y tiene acceso al humano por las fosas nasales hasta llegar al Sistema Nervioso Central, específicamente a los bulbos olfatorios donde provoca inflamación en el cerebro lo que puede causar la muerte.



o virales se encuentren mal referidos y correspondan a MAP, debido a que los signos y síntomas son iguales entre ellos, como son: fiebre elevada, dolor de cabeza intenso, vómito en proyectil, fotofobia e incluso convulsiones y posteriormente el paciente entra en estado de coma y fallece.

El mantenimiento y protección de los tejidos del aparato respiratorio superior es regulado esencialmente por el epitelio ciliado, el gel mucoso (moco) y el estornudo. El moco es un conjunto de carbohidratos unidos a proteínas que pueden alcanzar varias micras de longitud, una vez que se polimerizan entre sí (mucinas). Las cadenas de carbohidratos presentes en el moco proporcionan rigidez y resistencia ante la degradación causada por proteasas de microorganismos patógenos. A la fecha se han descrito alrededor de 20 genes involucrados en la producción de mucinas en los humanos, los cuales se denominan con las letras MUC, seguidas de un número de acuerdo al orden de su identificación. A nivel nasal, los principales tipos de mucinas son MUC5AC y MUC2, que se producen y secretan por las células caliciformes, cuya función es proteger la entrada de agentes potencialmente tóxicos y microorganismos infecciosos.

En nuestro laboratorio implementamos el modelo del ratón para estudiar la evolución de la MAP, encontramos que en las primeras horas de la infección, los trofozoítos de *N. fowleri* se observan atrapados en el moco, sin embargo, las amibas son capaces de evadir esta respuesta inmune innata del huésped para posteriormente adherirse al neuroepitelio olfatorio y continuar con la ruta de invasión, hasta llegar a la región de los bulbos olfatorios.

Como se mencionó anteriormente, el moco es una barrera inmunológica que al parecer es insuficiente para impedir la entrada de *N. fowleri* al organismo. Por otro lado, la amiba presenta diversos factores de virulencia que pueden participar en el daño al SNC; dentro de estos mecanismos se incluyen a las proteínas de adhesión a los epitelios, la capacidad fagocítica de células de la microglia (macrófagos residentes del cerebro) y eritrocitos, la lisis por contacto directo con las células del SNC y la producción de proteínas que forman poros en la células de la microglia.

Además, se ha identificado que *N. fowleri* presenta una gran cantidad de enzimas proteolíticas (enzimas que degradan proteínas), principalmente del tipo de las cisteína proteasas, las cuales tienen una actividad óptima a 37 grados centígrados y a un pH de 7.0 (condiciones fisiológicas de los mamíferos). Asimismo, se ha demostrado que la

producción y secreción de proteasas causan daño en las uniones intercelulares de los epitelios, permitiendo la migración de las amibas hasta los bulbos olfatorios.

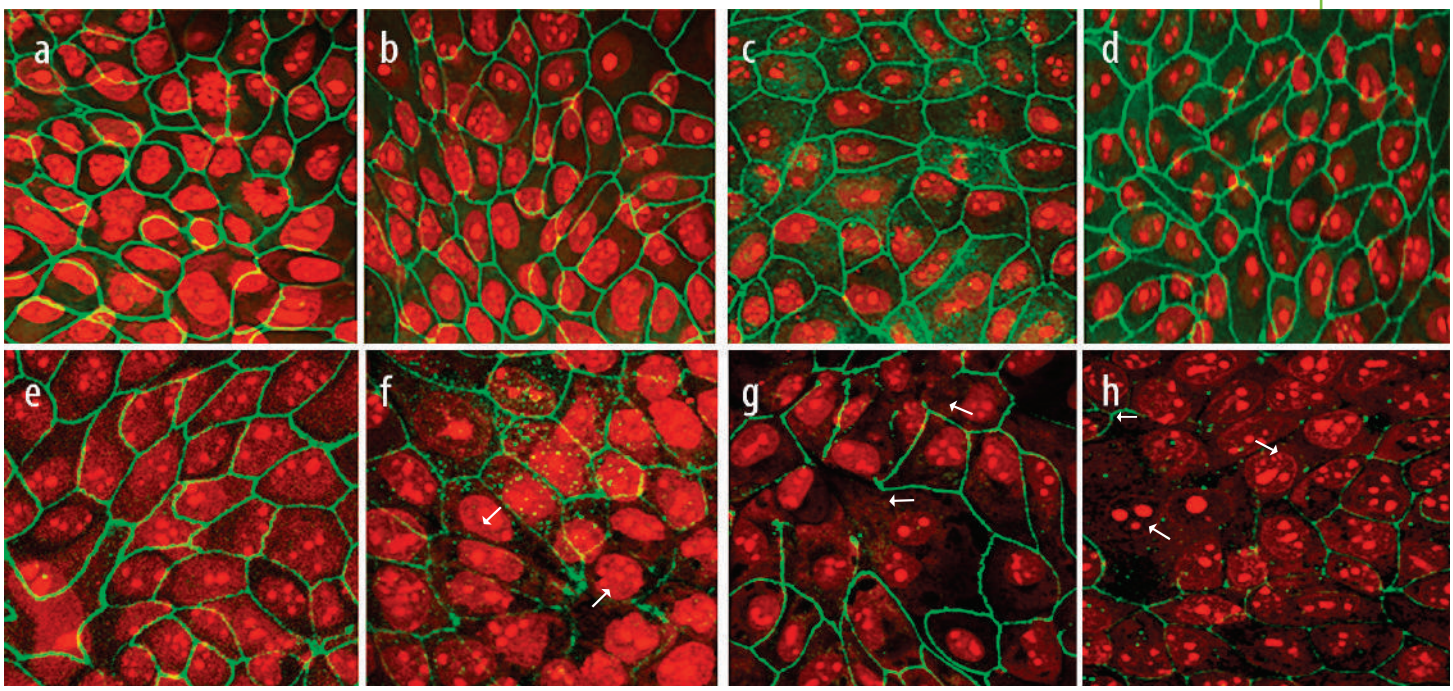
La identificación y caracterización de los procesos fisiopatológicos mediados por proteasas en los parásitos han sido de gran interés para la comunidad científica. En nuestro grupo de trabajo se ha estudiado el desarrollo de la MAP desde diferentes perspectivas, incluyendo aspectos inmunológicos, bioquímicos y moleculares. Recientemente, realizamos la búsqueda de enzimas proteolíticas de secreción que participan como mecanismos de evasión a nivel del moco nasal, ya que la identificación de este tipo de proteínas podría permitir la implementación de estrategias preventivas y de tratamiento en las etapas tempranas de la infección.

A la fecha, existen escasos reportes de proteasas con actividad mucinolítica en el género *Naegleria;* no obstante en nuestro laboratorio se logró determinar que *N. fowleri* secreta una mucinasa con un peso molecular de 94 kilodaltones, la cual es estimulada al entrar en contacto con los componentes principales del moco. Asimismo, se logró purificar e identificar, por medio de espectrometría de masas (MALDI-TOF-MS), a una glicosidasa capaz de degradar carbohidratos con características muy semejantes a los presentes en el moco de la cavidad nasal.

Diseñamos y produjimos anticuerpos específicos contra la glicosidasa; los anticuerpos fueron utilizados para inhibir el efecto citopático (daño a las células) en una línea celular de vías respiratorias superiores, de igual manera se observó que la degradación de la mucina humana fue inhibida por estos anticuerpos. Adicionalmente, se demostró que cuando se infectan ratones de la cepa Balb/c (susceptibles a la infección) con trofozoítos que fueron previamente incubados con los anticuerpos, se logró retrasar la muerte de los animales del día siete hasta el 17, comparado con los ratones infectados pero sin haber sido tratados con los anticuerpos.

Previamente demostramos en el modelo del ratón que entre las seis y 12 horas post-infección la cantidad de moco nasal se incrementa notablemente con la finalidad de eliminar a las amibas. Sin embargo, también encontramos que *N. fowleri* secreta mucinasas que participan importantemente en la degradación de los componentes del moco humano y, en consecuencia, esto permite la invasión de los trofozoítos al SNC para causar la MAP.

La identificación de estas proteínas de secreción puede abrir un campo en la investigación enfocados al desarrollo de nuevos fármacos con mayor especificidad contra este patógeno. De igual manera, la mucinasa identificada en nuestro trabajo puede ser utilizada en el desarrollo de métodos de diagnóstico no invasivos (tipo ELISA), ya sea a partir de lavados y/o raspados nasales para la detección específica de *N. fowleri*. Este tipo de enfoques en la investigación podrán brindar a la comunidad médica mejores herramientas para el diagnóstico y tratamiento oportuno en la MAP, que repercutiría en la vida del paciente.



Por microscopía confocal se observa daño a una monocapa de células epiteliales (MDCK) por *Naegleria fowleri* a diferentes tiempos de interacción

ARTÍCULO

TURISMO SOSTENIBLE
EN LA ZONA MAYA DE QUINTANA ROO

Julia Fraga Berdugo
jfraga@cinvestav.mx
Francesco Onnis
francisco.onnis@cinvestav.mx
Cinvestav Unidad Mérida

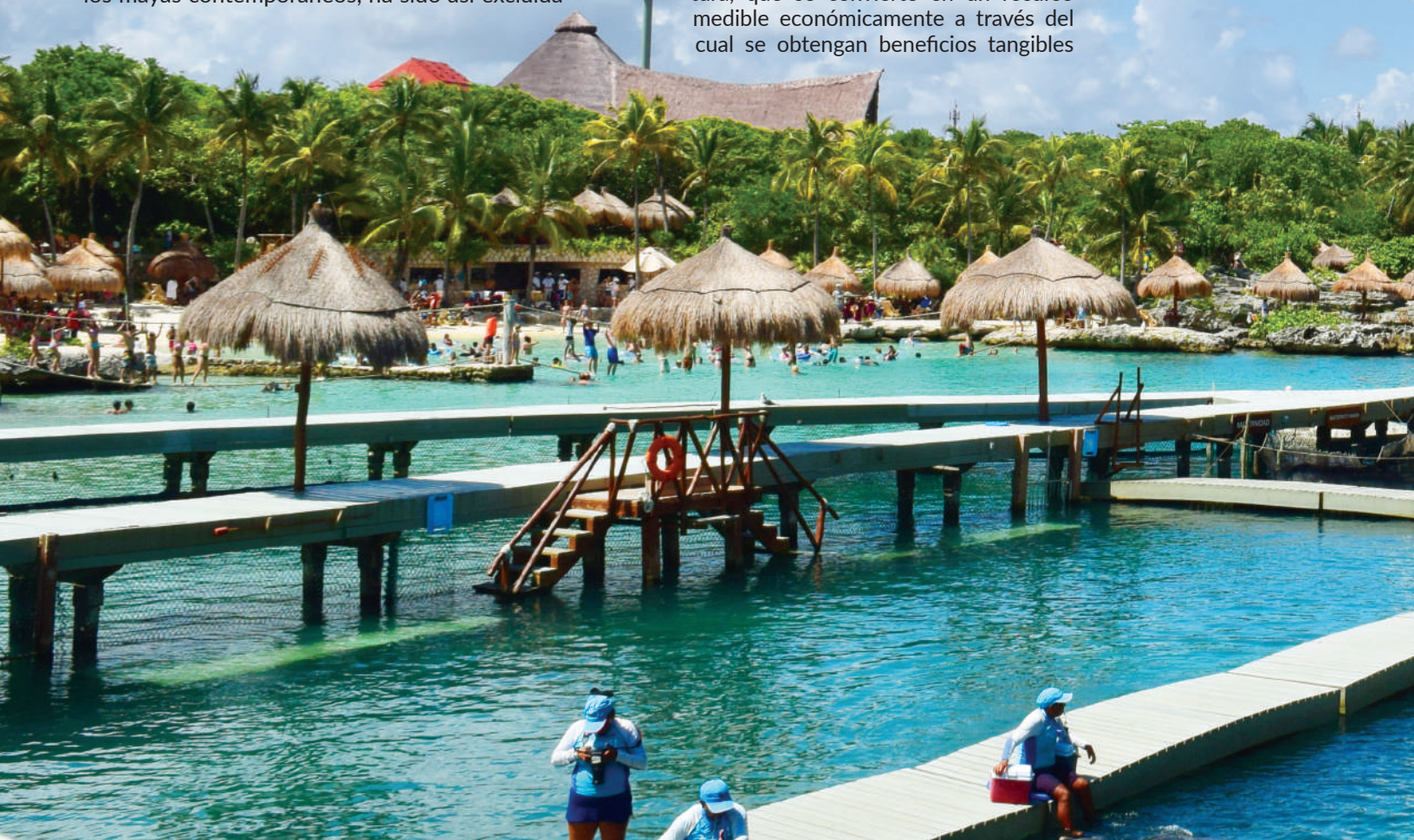
La oferta de turismo cultural de Quintana Roo se ha enfocado tendencialmente al sector arqueológico y al conocimiento de la cultura Maya prehispánica que, desde la constitución del Estado nacional en el siglo XIX, fue asumida a conveniencia como parte de su propio pasado por la sociedad criolla. Desde aquel entonces, los mayas han sido considerados como un obstáculo al proceso de homogeneización cultural y unidad nacional, de ahí que su cultura ha sido sistemáticamente silenciada y neocolonizada por los gobiernos centrales y estatales.

La zona centro de Quintana Roo, habitada por los mayas contemporáneos, ha sido así excluida de todo tipo de políticas e inversiones turísticas. Sin embargo, con el nuevo milenio esta zona ha visto surgir en su interior varias iniciativas dirigidas a fomentar emprendimientos turísticos de carácter comunitario, sobre todo en los municipios de Felipe Carrillo Puerto, José María Morelos y Lázaro Cárdenas.

Para poder entender esta tendencia es necesario regresar a los años 80 del siglo pasado, cuando se modificaron radicalmente las formas de concebir la naturaleza, el medio ambiente y la cultura.

Paradójicamente, las crisis ambientales y sociales ocasionadas por el sistema de producción capitalista encontraron la supuesta solución en este mismo sistema, que se propuso salvar el mundo a través del aprovechamiento racional y sostenible. Para eso, la naturaleza se capitaliza y convierte ahora en reserva de capital, un bien escaso a conservar sujeto a la lógica mercantil de la racionalidad capitalista. En suma, salvar la naturaleza es equivalente a expandir el capital.

Al mismo tiempo, se delinea un nuevo paradigma: la economización de la cultura, que se convierte en un recurso medible económicamente a través del cual se obtengan beneficios tangibles



e inclusive procurar desarrollo económico. Así, la diversidad cultural y el patrimonio intangible de los pueblos se convierten en activos culturales paulatinamente absorbidos por el capital en su incesante búsqueda de nuevos mercados.

El turismo, vector por excelencia de la expansión del capital, ha sabido adecuarse rápidamente a esos cambios e innovar el modelo convencional de "sol y playa" o masivo, caracterizado por una oferta homogénea y estandarizada en forma, tiempo y territorio, escasamente preocupado por el deterioro ambiental y la erosión sociocultural.

En el nuevo marco de sostenibilidad ambiental nacen tipologías de hacer turismo adscribibles bajo la expresión de "turismo alternativo", y reflejo de los nuevos valores postmaterialistas que caracterizan los consumos turísticos: el acercamiento a la naturaleza con el fin de valorar y conservar el entorno natural y sociocultural de los destinos visitados, la nostalgia de la memoria junto a la demanda de autenticidad como descubrimiento de la historia, de las culturas y civilizaciones, además de aquellas sociedades rurales y culturas vivas todavía no alcanzadas por la modernidad y asociadas a representaciones de la vida bucólica.

Así, muchas comunidades recurren al uso de sus recursos naturales y culturales para obtener un valor agregado, por un lado estimuladas en las oportunidades representadas por los nichos de mercado emergentes, por el otro a través de políticas propuestas por organismos nacionales e internacionales que, bajo el respaldo de los gobiernos nacionales, sugieren estas actividades para diversificar y soportar nuevas formas de desarrollo regional y local.

De ahí que nos preguntamos ¿qué está pasando con el turismo en la zona maya de Quintana Roo y con sus habitantes, los mayas macehuales contemporáneos, verdaderos herederos de una cultura milenaria y actuales portadores de la cultura viva?

A tal propósito, realizamos una investigación en Señor, una comunidad de aproximadamente 5 mil habitantes, situada a 30 kilómetros de la cabecera municipal Felipe Carrillo Puerto. En ese sitio opera desde 2003 la cooperativa de ecoturismo comunitario Xyaat, integrada por 10 socios, cuya finalidad es rescatar y valorar la cultura maya viva y generar beneficios para la comunidad.

A tal fin, por medio de la asesoría de varias instituciones y organizaciones internacionales y con esta idea fija en la mente "¿qué le gustaría a un turista ver, escuchar y recordar?", se seleccionaron distintas expresiones culturales locales propuestas en mayoría por "abuelos", las cuales son apropiadas turísticamente y metamorfoseadas de manera simbólica para satisfacer las expectativas de aquellos visitantes animados por curiosidad, y al mismo tiempo sensibles con las culturas lejanas, deseosos de acercarse a las poblaciones nativas, vivir experiencias o escuchar historias autenticadas en el contexto de la cultura local, lejos de las escenificaciones de la Riviera Maya.

Si por un lado el escaso número de visitantes no ha permitido generar una alternativa laboral eficaz y constante durante todo el año, es también cierto que el turismo en Señor no se

sustenta en una sólida base comunitaria. Al contrario, la comunidad no participa activamente en los procesos de planeación y manejo, así como muchos lugareños desconocen totalmente el tipo de actividades que propone la cooperativa, la cual opera en completa autonomía.

En el seno de ésta no han faltado conflictos que han ido aminorando la fortaleza organizativa del grupo y llevado al empoderamiento y monopolización de la gestión por uno de los socios. Asimismo, raramente se respetaron los acuerdos económicos, circunstancia que llevó a que varios "abuelos" y socios terminaran la colaboración, así como al emerger de una opinión negativa de la comunidad sobre el tratamiento económico que reciben los "abuelos" que todavía participan en el proyecto.

Un problema que ha tenido que enfrentar la cooperativa ha sido la actitud de algunas operadoras turísticas internacionales encargadas de vender y promover el producto turístico local. En varias ocasiones han actuado de forma típicamente colonialista y discriminatoria, considerando el origen maya como una condición de inferioridad que los limita en cuestiones de comercialización y de la cual pueden aprovecharse.

Cabe destacar que la operatividad de la cooperativa, en el ámbito de la relación con el famoso parque temático Xcaret, se ha extendido también a la Riviera Maya. Allí se comercializan expresiones culturales ligadas a la tradición como bodas mayas, ceremonias de purificación de la vivienda, entre otros, productos cada vez más de moda y solicitados por ese segmento de mercado acaudalado y anhelante de vivir el exotismo y la espiritualidad maya.

El reto es generar riqueza a través del desarrollo de productos de ecoturismo

A estos, se añade otro, quizás el más importante pero también el más sujeto a críticas: el Festival de Vida y Muerte en el parque Xcaret. Pese a la contrariedad de varios socios, el presidente de la cooperativa y decenas de habitantes de Señor y comunidades cercanas participan en el Festival representando el ritual ancestral Janal Pixan, que desde el año 2003 es parte del patrimonio oral inmaterial de la UNESCO. Se preparan altares y realizan ceremonias religiosas con comida típica del día de muertos, como los tamales, que en lugar de ser repartidos como prevé la tradición, son vendidos a los turistas. Prácticamente, el turismo penetra el ámbito sagrado al mismo tiempo que el ritual es modificado y espectacularizado a conveniencia del consumo turístico; la significación religiosa y cultural de la tradición ancestral deja lugar a una dinámica puramente comercial.

Recientemente, la cooperativa ha recibido financiamientos por el Instituto Nacional de Economía Social, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, agregándose a la marca turística "Paraísos Indígenas". Al mismo tiempo, las cooperativas están conscientes de que la zona maya es muy propensa a la inversión por manos de empresas con alto poder contractual. Por lo tanto, para amparar el posible golpe y defender su territorio, así como fortalecer la capacidad de gestión y de promoción de las cooperativas, se han unido en la Red de Turismo Comunitario de la Zona Maya.

En 2014, por iniciativa de la Asociación Civil "Amigos de Sian Ka'an", se ha lanzado oficialmente la marca turística Maya Ka'an, financiada con 500 mil dólares por el Banco Interamericano de Desarrollo, y cantidad similar por varias organizaciones patrocinadoras: la Riviera Maya, el Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo, la Secretaría de Turismo, las empresas Microsoft y ADO, así como la organización WWF, entre otras.

La marca involucra, además de Xyaat, otras cooperativas de los municipios de Tulum, Felipe Carrillo Puerto y José María Morelos, a fin de resolver una problemática ambiental con la exigencia de diversificar la oferta turística de la Riviera Maya y

disminuir la carga a la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an, así como la reconversión agrícola para evitar la roza, tumba y quema del monte, generando al mismo tiempo alternativas productivas para las comunidades en forma de ecoturismo con el fin del aprovechamiento sustentable de los recursos.

Las nuevas alternativas se añaden a la cadena de valor del estado de Quintana Roo, donde las comunidades son seducidas a cooperar, responsabilizándolas a un rol de custodios de los capitales sociales y ambientales para mantener ecosistemas sanos y no repetir el ejemplo de la Riviera Maya. Esto es bastante curioso ya que la misma Riviera es una patrocinadora de Maya Ka'an.

Los hallazgos encontrados nos llevan a concluir que la zona maya de Quintana Roo ha ido generando apetitos económicos importantes que se están reflejando en un modelo estratégico de turismo que se desarrolló en la década de 1990, cuando asociaciones ambientalistas, de cooperación y justicia social, respaldadas por grupos financieros mundiales, se convirtieron en actores importantes del sector turismo, actuando en territorios y comunidades con el fin de salvaguardar la naturaleza y sociedades.

Al respecto, consideramos el *boom* de los turismos comunitarios como el resultado de formas de producción muy complejas que bajo una retórica conservacionista propuesta por distintas organizaciones, instituciones y empresas operantes a diferentes escalas y con distintos intereses a perseguir, incorporan nuevos territorios indígenas, poblaciones, sus expresiones naturales y culturales, ahora convertidos simbólicamente en recursos turísticos y activos económicos.

Como dijo un habitante de Señor: "*Ya se vendieron todo, mira es que hoy en día uno es libre de hacer su negocio, si no lo hace él lo hace otro...entonces hay que llegar primero*".

Reflexiones finales

El turismo sostenible fue planteado desde Nuestro Futuro Común o Reporte Brundtland en 1987 para asegurar a las generaciones futuras de la base material aportada por la naturaleza y la cultura. Es una gran aspiración y sigue esperando el reparto de los beneficios para una gran mayoría de comunidades locales y regionales como la Zona Maya de Quintana Roo, ricos en patrimonio natural y cultural. El 2017, como el Año Internacional del Turismo Sostenible, representó una gran oportunidad para redirigir los esfuerzos e invertir en capacidades locales que permitan generar riqueza material y espiritual más allá de las grandes empresas turísticas que saben cómo hacer negocio en la bolsa de valores.

Fotografías y fotoarte: Víctor Durán

HUMO QUE DEJA HUELLA

En 1642, el Papa Urbano VIII proclamó un edicto en contra del tabaco en la región que hoy se conoce como Sevilla, en España, al considerar que era una mala costumbre seguida por hombres y mujeres de todo los rangos, incluyendo sacerdotes y clérigos que olvidándose de su posición, fumaban hasta en misa "ensuciándose las vestiduras sagradas con los repugnantes humores que el tabaco provoca, infestando los templos con un olor repelente".

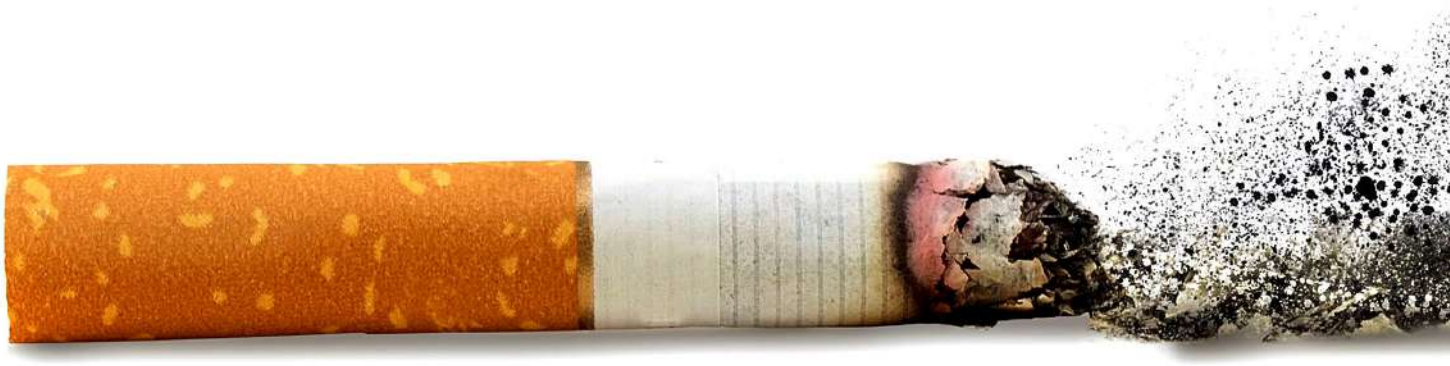
Hoy ese hábito continúa, pero gracias a la ciencia, se sabe lo que puede provocar el humo del cigarro más allá de dejar un olor desagradable en la ropa. Por ejemplo, los compuestos tóxicos que contiene pueden depositarse sobre muebles, paredes, piso y cualquier objeto del entorno del fumador, incluso él mismo.

De acuerdo con Arnulfo Albores Medina, investigador del Departamento de Toxicología del Cinvestav, las moléculas producidas por la combustión del tabaco permanecen en el ambiente durante largo periodo, por lo que otros individuos, que no son ni el fumador activo ni el pasivo, están también expuestos a los compuestos del humo que entran a través del contacto con la piel. En este caso, el humo que queda en los objetos atraviesa la dermis y se incorpora a la circulación sanguínea.

A este proceso se le denomina: "humo de tercera mano" o "cuando el cigarro se apaga", con consecuencias nocivas para la salud, ya que los tóxicos pueden sufrir modificaciones al oxidarse y transformarse en compuestos diversos, diferentes a los que les dieron origen, cuya naturaleza ni imaginamos, por lo que aún desconocemos los efectos que causen a la salud.

La toxicidad del humo del tabaco es tan compleja, dice Albores Medina, como el número de productos químicos que contiene y que resultan en numerosas patologías. Hasta el momento no se han estudiado todos los tóxicos contenidos en el humo del cigarro, que son alrededor de siete mil productos químicos, entre ellos el cadmio, arsénico, benceno, tolueno, hidrocarburos aromáticos policíclicos; muchos de ellos clasificados como carcinógenos, además de nicotina, el compuesto responsable de la dependencia.

Cada una de las siete mil moléculas tiene características propias, de tal manera que algunas son solubles en agua y otras en lípidos, por lo que tienen efectos diferentes en la salud. Hay moléculas que tienen cierta reactividad y otras forman parte de nuestro organismo, y no necesariamente van a causar algún problema. Sin embargo, altas concentraciones de otros tóxicos y/o de sus mezclas, sí



nos pueden dañar. Muchos de ellos sólo requieren que unas pocas moléculas entren al organismo en el momento propicio para que alteren a una célula y, si ésta no puede controlarla, causar un daño tal que con el paso de tiempo —pueden ser años—, se desarrolle una enfermedad grave.

Por ejemplo, el arsénico del humo del cigarro genera cáncer de piel, pero pueden pasar hasta 20 o 30 años para que se manifieste. No todos los compuestos presentes en el humo del tabaco generan efectos similares ni al mismo tiempo, pues cada uno afectará al organismo de acuerdo con sus características y a las particularidades de él o los individuos expuestos; por ejemplo, género, edad, estados de salud o nutricional, etcétera.

El tabaco ocupa el primer lugar como agente causante de enfermedades prevenibles. En México al menos 10 por ciento del presupuesto en salud se destina al control de enfermedades provocadas por el humo del tabaco: enfisema, problemas circulatorios, renales, reproductivos, pulmonares y diferentes tipos de cáncer, en el que destaca el de pulmón.

Aunque en 2011 el comercio de tabaco legal mexicano aumentó el tipo impositivo hasta 62.8 por ciento sobre el precio total del producto comercial, la medida resultó en una disminución de ingresos y un aumento, de dos a 17 por ciento en tabaco de contrabando de diferentes países; en 2012 cerca de 340 millones de paquetes de cigarrillos entraron ilegalmente en el país. El costo de la atención sanitaria a las enfermedades relacionadas con el tabaco fue de 48 mil millones de pesos en 2010.

El tabaquismo es un padecimiento social que representa una prioridad nacional en problemas de salud. Al fumador le representa una alta probabilidad de padecer enfermedades crónicas y a aquellos que le rodean, igualmente se constituye en una agresión que puede afectarles notablemente, disminuyendo la calidad de vida, generando problemas de atención, económicos y de desbalance familiar. Para el país, es un costo muy alto tanto directamente como por la disminución en la productividad de los enfermos. “Es necesario diseñar estrategias que cada día sean más efectivas para disminuir el consumo de este producto”, concluyó Arnulfo Albores.

(Luisa Miranda)

Cada año más de

7

millones de personas

fallecen a causa del consumo del tabaco en el mundo

Las colillas representan

40%

de los objetos

recogidos en las actividades de limpieza costera y urbana

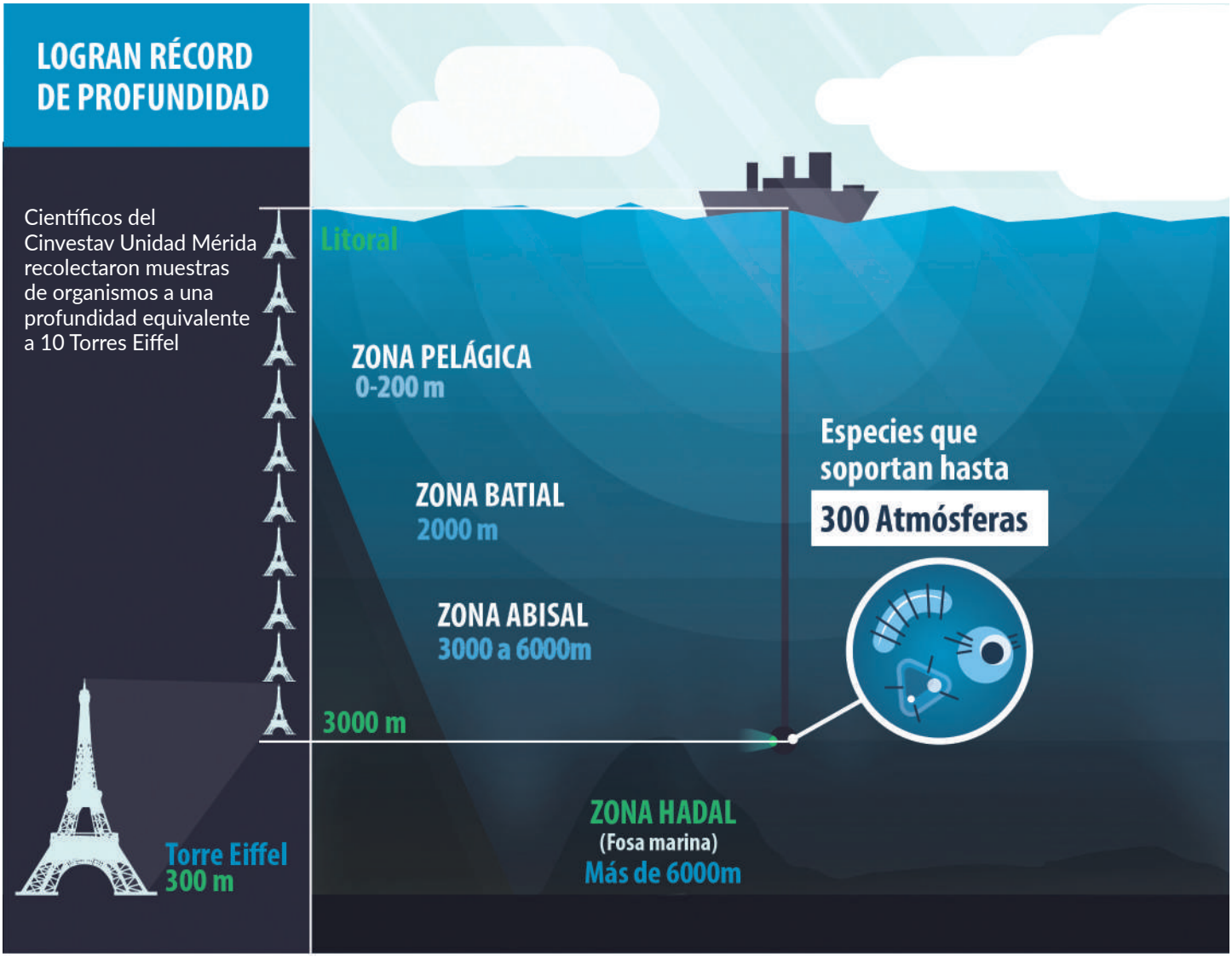
EXPLORAN PROFUNDIDADES ABISALES

El Golfo de México es una región rica en yacimientos de hidrocarburos, que al ser explotados en ocasiones ponen en riesgo el entorno natural y otras actividades productivas, como pesca o turismo. Por ello es necesario mantener un monitoreo permanente, analizar desde el punto de vista científico sus condiciones y diseñar estrategias que garanticen su integridad natural.

Esta parte del territorio marítimo nacional contiene una zona denominada abisal, ubicada entre los 2 y 5 mil metros de profundidad, que ha sido poco estudiada por investigadores mexicanos debido a sus características geográficas, donde se encuentran enormes llanuras y grandes cañones. En ese ambiente de total oscuridad y bajas temperaturas (de cuatro grados centígrados o menos), habitan formas de vida poco observadas que pudieran tener cualidades útiles en sectores como la exploración, farmacéutico o recuperación ambiental, de ahí el interés por caracterizarlas.

A pesar de tener esa necesidad, hasta la fecha no se había realizado una exploración debido a dificultades técnicas; sin embargo, por primera vez en la investigación oceanográfica del país, especialistas del Cinvestav Unidad Mérida, lograron realizar un muestreo con un "trineo bentónico" (instrumento para recolectar porciones de agua o sedimento) a más de 3 mil metros de profundidad en el cinturón plegado de Perdido, al oeste del Golfo de México (frente a las costas de Tamaulipas), para colectar organismos de las llanuras abisales que son capaces de soportar hasta 300 atmósferas de presión (equivalente a resistir 308 kilos por centímetro cuadrado) y temperaturas de congelación.

La histórica hazaña fue realizada con el propósito de aportar evidencia sobre la vida marina en la profundidad oceánica y determinar el estado de salud de estos ecosistemas marinos, en vísperas del desarrollo de extracción petrolera en la región de Perdido.



Víctor Manuel Vidal Martínez, investigador del Cinvestav, quien coordinó el equipo de exploración del crucero oceanográfico, a bordo del buque Justo Sierra de la UNAM, comentó que este logró científico brinda por primera vez la oportunidad de saber qué organismos hay en las profundidades de nuestros mares, así como para medir la hidrología, recolectar muestras de agua, sedimento y organismos de la zona.

Dentro de los organismos recolectados, se encuentran algunos especímenes que a simple vista pueden verse, como es el caso de diversos tipos de corales blandos, medusas, camarones y peces; otros, en cambio, son de tamaño microscópico. De acuerdo con el especialista aún será necesario revisar cuidadosamente el material para identificar qué especies se están encontrando, cuáles son nuevas y las condiciones de vida en su ecosistema; la información de los análisis permitirá conocer más sobre organismos pocas veces observados, que forman parte de la biodiversidad mexicana y muestran el potencial de la vida para abrirse paso en las profundidades marinas.

La región de exploración fue un reto para la investigación científica debido a que su geografía es muy accidentada, con cambios pronunciados en el relieve que hacen difícil la toma de muestras de macrofauna del fondo mediante arrastres con redes de pesca; además, el terreno en el talud continental (inclinación del fondo del mar que se une al continente) tiene montañas submarinas y caídas abruptas a lo largo del llamado “cinturón plegado de Perdido”.

Por ello, los investigadores utilizaron un sonar, una ecosonda y un perfilador de fondos, entre otros instrumentos, para registrar y mapear el fondo marino con el objetivo de localizar plataformas adecuadas donde tomar muestras. Además, con un cabo náutico de 10 kilómetros de largo lograron realizar operaciones de hasta 3 mil 580 metros de profundidad.

Para diseñar la maniobra de muestreo con el trineo bentónico (cuyo prototipo fue diseñado por Michel E. Hendrickx de la UNAM) y recolectar colecciones de los ecosistemas, se tomó en cuenta el conjunto de condiciones del fondo marino, naturaleza de las corrientes y características del oleaje en cada estación.

Este trabajo forma parte del Consorcio de Investigación Oceanográfica del Golfo de México (CIGOM), integrado por el Cinvestav Unidad Mérida, la UNAM, El Colegio de la Frontera Sur Unidad Campeche y el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada Baja California.

Se trata de una iniciativa de gran envergadura iniciada en marzo de 2015 que busca generar escenarios ante posibles contingencias relacionadas con la explotación de hidrocarburos en aguas profundas de la zona. En una primera fase, el Cinvestav realiza el monitoreo y diseños experimentales de posibles efectos de derrames de hidrocarburos sobre organismos en la columna de agua y fondo marino.

El equipo científico del Cinvestav en esta colaboración se integra por 10 investigadores y más de 60 personas especialistas en monitoreo ambiental, degradación natural de hidrocarburos y análisis de escenarios de derrames; entre los resultados más relevantes aportados por el Centro, en los dos primeros años, destaca la integración y estandarización de metodologías utilizadas por investigadores del consorcio, con lo que se busca potenciar capacidades institucionales para generar ciencia de alta calidad, recursos humanos orientados a resolver problemas nacionales, generación de tecnología y proveer servicios ambientales a la industria petrolera.

Para el proyecto, Cinvestav emprende dos cruceros por año, uno en época seca y otro en la de lluvia, con el objetivo de establecer la línea base en cuanto a fitoplancton, zooplancton, ictioplancton y peces de esos hábitats; también analizan la calidad del agua, microorganismos, bacterias degradadoras de hidrocarburos y parásitos como bioindicadores de contaminantes, entre otros.

También trabajan en la parte oceanológica y oceanográfica física: corrientes, clorofilas, oxígeno disuelto, materia orgánica y todas las variables físico-químicas. Asimismo, se realiza el análisis de los hábitats críticos de varias especies de tortugas marinas, en busca de identificar su vulnerabilidad, así como el diseño de un plan de contingencias para derrames petroleros de gran escala en la región.

El Cinvestav Unidad Mérida cuenta con cerca de tres décadas estudiando la zona de investigación y en especial la Sonda de Campeche, a través de diversos servicios prestados a Petróleos Mexicanos, experiencia que ha sido útil en la preparación y diseño de muestreos en la región de aguas profundas de Perdido. Con esta experiencia la ciencia mexicana avanza hacia un conocimiento más amplio y sólido sobre lo que está sucediendo en el Golfo de México.

(Efrén Díaz)

Los expertos de la Unidad Mérida tienen casi 30 años estudiando las profundidades del Golfo de México

CINVESTAV EN LA ACADEMIA MEXICANA DE LA LENGUA

Por primera vez en su historia, el Cinvestav participó en la elaboración de una edición crítica de la colección Clásicos de la Lengua Española de la Academia Mexicana de la Lengua. Susana Quintanilla Osorio, adscrita al Departamento de Investigaciones Educativas (DIE) fue invitada a desarrollar la edición, estudio y notas de una de las ocho obras que contiene dicho acervo.

El águila y la serpiente, de Martín Luis Guzmán, es la obra emblemática de la literatura mexicana e hispánica que fue analizada por la investigadora del DIE.

La colección, presentada en el Palacio de Bellas Artes por el poeta Jaime Labastida, procura una experiencia de lectura con una curva ascendente de dificultad, con el fin de mejorar gradualmente las competencias lectoras básicas; con textos accesibles y rigurosos, dirigidos tanto al gran público interesado en conocer su patrimonio literario como al público universitario.

En particular, el libro editado por Quintanilla Osorio, en cuya portada se reproduce un grabado de Rufino Tamayo hecho para conmemorar su cincuentenario, representó una auténtica expedición. "Los libros son objetos sorprendentes, tratados con curiosidad y entrega, algunos logran ser una especie de Aleph, aquella esfera luminosa en la cual es posible observar el universo entero; en ellos caben lo grandioso y lo diminuto, lo permanente, lo fugaz, lo particular y lo genérico, sin que esta convivencia implique relaciones de causalidad o por el contrario del azar", comentó la investigadora.

La edición crítica de *El águila y la serpiente* contiene tanto los descubrimientos como los enigmas de esa incursión, para que cada uno de los lectores, independientemente de su edad, grado escolar, nacionalidad, afinidades selectivas y tipos de erudición, trace su propio recorrido.

La obra incluye un texto crítico resultado del análisis de su historia textual y para quienes deseen aprender más sobre distintos aspectos de la lengua o de la historia cultural, dispone de notas breves a pie de página; las notas se comunican con otras complementarias, que son verdaderos artículos de investigación, donde con economía y eficiencia se continúa con el aprendizaje a través de sumarios críticos.

(Efrén Díaz)

Información extra en la web AyP: **http://bit.ly/2uYIHCQ**

REALIDAD AUMENTADA

En nuestra realidad aumentada de este número presentamos a Nayá (en zapoteco significa "limpio"), el automóvil desarrollado por investigadores del Departamento de Química del Cinvestav que funciona a base de combustión de hidrógeno.

Este auto eléctrico híbrido consta de un tanque de hidrógeno de 800 litros, un sistema de bombas y válvulas, una celda de combustible y un banco de baterías. El vehículo funciona cuando el hidrógeno alimenta las celdas de combustible donde reacciona con el oxígeno del aire, esta reacción electroquímica produce energía eléctrica, la cual se almacena en el banco de baterías, que a su vez alimenta los dos motores instalados en las llantas traseras, para que éste pueda desplazarse. La reacción entre el hidrógeno y el oxígeno también produce agua, que ayuda a la operación de la celda de combustible y una parte se recolecta o sale por el tubo de escape.

El automóvil alcanza los 35 kilómetros por hora, pesa 180 kilos, puede trabajar de forma continua hasta por hora y media y es fácil de manejar. Consta de dos pedales, el acelerador y el freno. Esta innovación busca ser una opción en los sistemas de transporte de energía alternativa de baja potencia.

Comentarios del lector

"Los verdaderos colonizadores" (*Avance y Perspectiva* marzo-mayo 2017, pp. 28-31) es uno de los artículos que me parecen muy buenos. El punto de convergencia es que mi tía un día me preguntaba sobre la elaboración de la cerveza, le expliqué el efecto o proceso que realizan las levaduras, pero no me entendía y además le causaba desagrado que se pusiera un bicho en la elaboración de esta bebida, por lo que usé el ejemplo de cuando ella hace pan y le pone un bicho (otra levadura de la misma familia) a la harina y de esta forma esponjaba.

El asunto es que en su mente estaba que había que limpiar y matar todos los bichos, bacterias y todo eso, porque tiene la creencia de que eso hace daño, por lo que no reconocía y hasta negaba que ella le pusiera eso. He venido corroborando que muchas amas de casa tienen esa idea, aunque se les explique que hay bichos buenos y que son útiles para el organismo. Este artículo me ha servido como referencia y herramienta de trabajo al platicar con algunas personas, entre esas mi tía, esta plática que hemos mantenido ya tiene por lo menos cuatro años.

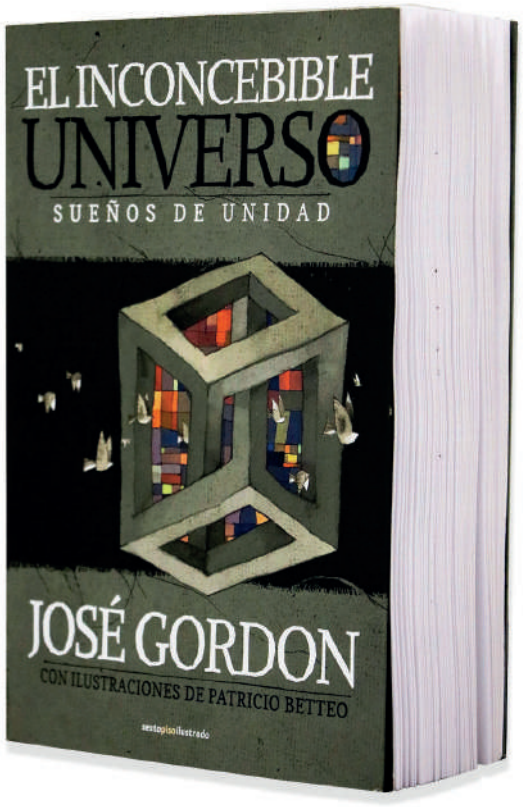
Felicidades por la revista, a mí me ha servido como una buena herramienta de convivencia-socialización, aprendizaje y divulgación de lo que se hace en el Cinvestav. Saludos

Roberto López Olmedo

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

Y VI *EL INCONCEBIBLE UNIVERSO*

Víctor Juárez Lomán
Departamento de Difusión
vjuarez@cinvestav.mx



Y vi una luz brillante asomándose a lo lejos. Y vi su fulgor amarillento posarse con benevolencia sobre el océano. Esa repentina luminosidad que suele fungir como guía de navegantes perdidos funcionó, también, para sacarme del mar de la incomprensión.

Y vi a José Gordon, ese novelista, ensayista y traductor investido desde hace tiempo como divulgador científico convertirse en ese faro que ilumina y despeja la perenne oscuridad de la ignorancia. Y vi el esfuerzo y dedicación vertido en cada página de *El inconcebible Universo*, intentando que su luz propia logre brillar lo suficiente para ayudarnos a cruzar ese tempestuoso mar.

Y entonces me imagino que cada una de esas pequeñas letras que atiborran las páginas se convierte en una cuerda vibrante que se mueve en nueve diferentes dimensiones, me imagino que ese mar quizá sea algo más espeso, más denso, casi como una sopa de quarks y gluones, y que esa luz que se curva tardará tanto en llegar a Andrómeda que no podrá iluminarla ahora, sino en miles, millones de años.

Y veo a una mujer descubriendo el Universo en la boca de su hijo que en algún punto recóndito ve a una mujer viendo el universo en la boca de su hijo que, a su vez, hace lo propio como en un interminable juego de espejos enfrentados cara a cara. Y el espacio y el tiempo se hacen uno mismo, y mientras mi hijo me dice que una película es muy larga, a mí este libro se me hace muy corto, comprobando que los relojes no van al mismo ritmo para todos.

Y veo la música y escucho las ondas gravitacionales, y saboreo lo que huelo, olfateo lo que palpo y toco lo que mis otros sentidos perciben. Y José Gordon, convertido ya en un robusto faro, me enseña que el arte y la ciencia son indivisibles, se funden, se abrazan. Y mis sentidos perciben a Cortázar, Stravinsky, Darío y a Baron-Cohen por igual, así como a Paz, Kundera, Bach o Kandinsky tanto como a Penrose, Gell-Mann, Smoot o Einstein.

Y emulando a *El Aleph*, de Borges, este libro inicia cada capítulo hurgando el universo, viendo sus distintos ángulos e hilvanando el arte y la ciencia mientras logra formar un lienzo de poco más de 200 páginas que hace posible comprender lo que, frecuentemente, suele ser incomprensible, como sucede con la materia y la energía oscura, el modelo estándar, las supercuerdas, el bosón de Higgs, la correspondencia holográfica y los agujeros de gusano.

Y vi cómo yo, convertido en ese frágil esquife que navegaba en la oscuridad del desconocimiento, encontraba en José Gordon ese estoico faro que me guió por el mar de letras hasta lograr hacerme atracar en buen puerto.

Y veo que tú no eres yo a pesar de que también lo eres, así que ya no estoy solo, la soledad la rompió este libro que, por medio de su excelente prosa, ha logrado que el autor y el yo lector nos juntemos en un cálido abrazo de unidad.

MIDIENDO EL CLIMA

En Ciudad de México, así como en Pekín, El Cairo o Nueva Delhi, existe una pésima calidad del aire, haciendo que las enfermedades respiratorias sean una constante en los habitantes de estas ciudades. Hay diversas causas por las que se da esa situación, desde el exceso de automóviles hasta la masiva manufactura industrial.

Por ello, desde hace cuatro años Christian Klöckner, investigador de la Universidad de Ciencia y Tecnología de Noruega, creó un proyecto llamado *Climart*, que estudia la reacción de la gente a piezas artísticas, con la intención de averiguar si el arte puede cambiar la percepción de las personas, al menos en cuanto al cambio climático se refiere. "Vemos potencial en el arte. El arte es sobre las emociones y nos habla más directamente que un informe científico. Puede desencadenar una reacción emocional que normalmente no ocurre en la comunicación ambiental", dice Klöckner.

Para la realización de la prueba, se lanzó una convocatoria recibiendo más de 130 solicitudes, de las que seleccionaron a cinco artistas que presentaron de forma más detallada su proyecto al grupo de investigación responsable de seleccionar la obra artística.

"Elegimos al artista británico Michael Pinsky porque sugirió varias ideas buenas y estaba muy abierto al diálogo que buscábamos en el proyecto. También ha colaborado con investigadores y sicólogos. Estuvimos de acuerdo con la idea de las cúpulas de la contaminación porque atrae el interés inmediato de la gente. Además, es algo totalmente nuevo", señala el investigador.

La instalación *Pollution Pods* se compone de un circuito circular de seis cúpulas con seis metros de diámetro, interconectadas por un pasillo tubular. Estas estructuras son hechas de palos de madera ensamblados por medio de conectores, formando una cúpula hecha a base de triángulos conocida como geodésica, y que a su vez está revestida internamente con un plástico especial transparente que logra mantener el aire dentro de esta singular estructura, consiguiendo un interesante efecto visual tanto en su interior como en el exterior.

Pinsky logró con esta instalación recrear en cada una de las cúpulas la calidad del aire, el aroma y el clima de Londres, Sao Paulo, El Cairo, Pekín, Nueva Delhi y la ciudad noruega de Trondheim, lugar donde se exhibió la instalación. Para ingresar se tiene que firmar una advertencia de salud de antemano, sin embargo, las sustancias más peligrosas que se encuentran en el aire de esas ciudades lo recrean con otras inocuas, pero realistas.

"En Noruega, las personas tienen el privilegio de poder consumir bienes y energía sin experimentar las consecuencias de su producción. La experiencia de pasar de una cúpula a otra, a través de un bucle, sin poder salir, demostrará con esperanza cómo está interconectado el mundo", destaca Pinsky.

(Víctor Juárez)

Fotografía: Michael Pinsky

EstePaís
TENDENCIAS Y OPINIONES

IMPUNIDAD CERO
Entrevista a Ana Laura Magaloni

Posverdad

Leonardo Curzio, Federico Reyes Heroles, Jorge Islas, Bernardo Barranco Villafán, Irene Tello Arista

EstePaís|cultura
Vicente Quirarte, Juan Domingo Argüelles, Cecilia Ruiz, Ronald J. Friis

estepais.com

Suscríbase al 5658 2326 5659 8360

COLOQUIO CINVESTAV

PRIMER MIÉRCOLES DE CADA MES

AUDITORIO ARTURO ROSENBLUETH

12 HORAS

55 Años

1961 • 2016