

ciencia

Revista de la Academia Mexicana de Ciencias

Educación, ciencia y tecnología en la Ciudad de México

Agua que no has de beber, no la tires

Electromovilidad para el transporte público

Luces sobre la ciudad

Red sísmica

Violencia y construcción de paz

Roedores, murciélagos y virus:
¿nos acecha algún peligro?

\$50.00 MN
ISSN 1405-6550

www.revistaciencia.amc.edu.mx



V Premio Internacional de Divulgación de la Ciencia

RUYPÉREZ TAMAYO

**El FCE y el jurado del Premio
anuncian que la obra ganadora es:**

***El acertijo de la vida,
de Greco Hernández Ramírez.***

El autor, biólogo por la Facultad de Ciencias de la UNAM, doctor en Biología Molecular por la Universidad Autónoma de Madrid y con estancias posdoctorales en el Instituto Max Planck en Alemania, y en la Universidad de Berna en Suiza, es jefe del Laboratorio de Traducción y Cáncer del Instituto Nacional de Cancerología en México.

La obra ganadora, seleccionada entre 36 obras concursantes, narra la historia y el difícil camino científico que llevó al descubrimiento del código genético. Reseña con elocuencia las vidas y contribuciones de decenas de científicos quienes lograron a través de su inteligencia, perseverancia, dedicación e ingenio los mayores hallazgos para armar el rompecabezas del ADN.

El jurado estuvo conformado por José Antonio Chamizo Guerrero, Ek del Val de Gortari, Esperanza García Molina, Alejandra Ortiz Medrano, Heriberto Eduardo Sánchez Cortés y Silvia Linda Torres Castilleja.

La obra se publicará en 2021, año en que se cumplirán 60 años del desciframiento de la primera palabra del código genético por Heinrich Matthaei el 27 de mayo de 1961.



ciencia

Revista de la Academia Mexicana de Ciencias

enero-marzo 2021 volumen 72 número 1

Mensaje de la presidenta de la AMC

Estela Susana Lizano Soberón

3

Desde el Comité Editorial

Miguel Pérez de la Mora

4

Educación, ciencia y tecnología. Retos de la Ciudad de México

Rosaura Ruiz Gutiérrez

5

Educación, ciencia y tecnología. Retos de la Ciudad de México

Agua que no has de beber... no la tires

Óscar Escolero
César Herrera Toledo
Adrián Pedrozo Acuña

8

Electromovilidad para el transporte público

Germán Jorge Carmona Paredes

18

Innovación educativa en el contexto de la revolución industrial 4.0

Eduardo Peñalosa Castro
Francisco Cervantes Pérez
Alma Xóchitl Herrera Márquez

26

Contribuciones de la ciencia a la diplomacia

Brenda Valderrama
Parsifal Islas

34

Violencia y construcción de paz

Sergio Aguayo Quezada
Rodrigo Peña González
Saúl Espino Armendáriz

42

Luces sobre la ciudad

Ana María Cetto Kramis
María Teresa Josefina Pérez de Celis Herrero

50

Red Sísmica de la Ciudad de México

Grupo de Trabajo de la Red Sísmica de la Ciudad de México

60

Educación y trabajo: pilares de la ciudad

Marcela Meneses Reyes

68

Novedades científicas

Cultivo *in vitro* de agaves

Karla Sugey Moreno Martínez
Kelly Maribel Monja Mio

76

Roedores, murciélagos y virus: ¿nos acecha algún peligro?

Gloria Tapia Ramírez
Consuelo Lorenzo
Silvia F. Hernández Betancourt

82

Las orquídeas mexicanas: laelias

Alejandra Vera Aguilar
Joaquín Murguía González
Régulo Carlos Llaena Hernández

88

Desde las redes

La isla que está sacrificando a un murciélago en peligro de extinción

93

Cuatro mujeres fueron reconocidas por los Premios Nobel 2020

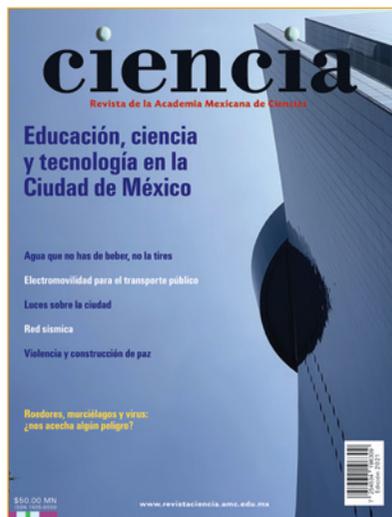
94

2020 CD3, un vistazo a nuestra miniluna temporal

José Eduardo González Reyes

96





Portada: Pixabay.



Separador: Shutterstock.

Este número de la revista *Ciencia* ha sido posible gracias al patrocinio de la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México.



GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

ciencia

Revista de la Academia Mexicana de Ciencias
enero-marzo 2021 volumen 72 número 1

Director fundador

Ignacio Bolívar Urrutia (1850-1944)

Director

Miguel Ángel Pérez de la Mora

Comité editorial

Raúl Antonio Aguilar Roblero

Raúl Ávila

Beatriz Barba Ahuatzin

Luis Benítez Bribiesca †

Ana Cecilia Noguez G.

Raymundo Cea

Deborah Dultzin

Alfredo Feria Velasco †

Alonso Fernández Guasti

Ronald Ferrera

Gerardo Gamba Ayala

Alfonso N. García Aldrete

Adolfo Guzmán

Juan Pedro Laclette San Román

Román Piña Chan †

Carlos Prieto de Castro

Sergio Sánchez Esquivel

Alicia Ziccardi

Coordinadora editorial

Martha Lorena Soria Licona

Editora

Rosanela Álvarez

Revisor de estilo

Paula Buzo

Social Media

José Eduardo González Reyes

Diseño y formación

Quinta del Agua Ediciones, S.A. de C.V.

Ilustradores

Ana Viniestra, pp. 8-9, 11, 26-27, 29, 42-43, 54, 91

Enrique Martínez de la Rosa, pp. 22, 24, 36, 40, 60-61, 64, 65, 69, 70, 71, 77, 83

Pixabay: pp. 14, 45, 48, 49

Preprensa e impresión

Impresos Comerciales y/o Miguel Fernández

Academia Mexicana de Ciencias, A.C.

Casa Tlalpan, km 23.5 de la Carretera Federal México-Cuernavaca, Av. Cipreses S/N,

Col. San Andrés Totoltepec, Del. Tlalpan, C.P. 14400, Ciudad de México

tel.: 5849 4903, fax: 5849 5108

www.revistaciencia.amc.edu.mx



@CienciaAMC



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

ciencia, volumen 72, número 1, correspondiente a enero-marzo de 2021, editado y distribuido por la Academia Mexicana de Ciencias, A.C. El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja de manera alguna el punto de vista de la Academia Mexicana de Ciencias. Queda prohibida la reproducción total o parcial del contenido por cualquier medio sin la autorización expresa de la Academia Mexicana de Ciencias. Certificado de Reserva de Derechos al uso exclusivo del título 04-2001-072510183000-102 expedido el 25 de julio de 2001 por el Instituto Nacional del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública. Certificado de Licitud de Título y Contenido 17371 expedido por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. ISSN 1405-6550. Editor responsable: Francisco Salvador Mora Gallegos. Formación: Quinta del Agua Ediciones, S.A. de C.V., tel.: 5575 5846. Impresión: Impresos Comerciales y/o Miguel Fernández, Yucatán 9-B, Col. Héroes de Padierna, Ciudad de México, 10700. Tel.: 5568 5065. Tiraje 4 000 ejemplares. Editor responsable: Correspondencia: Academia Mexicana de Ciencias, A.C., atención: Revista Ciencia, Casa Tlalpan, km 23.5 de la Carretera Federal México-Cuernavaca, Av. Cipreses S/N, Col. San Andrés Totoltepec, Del. Tlalpan, C.P. 14400, Ciudad de México, tel.: 5849 4903, fax: 5849 5108, rciencia@unam.mx, <http://www.amc.mx>.

Mensaje de la presidenta de la AMC

El año 2020 será recordado como un hito en la historia de la humanidad por la pandemia debida a la COVID-19. De forma inesperada, tuvimos que enfrentar a un enemigo minúsculo pero poderoso que modificó el comportamiento y estilo de vida de todas las sociedades. En todo el mundo, los científicos de diferentes disciplinas se abocaron a estudiar y analizar la enfermedad y su evolución; dichos estudios han sustentado las políticas públicas necesarias para el manejo de la pandemia en diferentes países. Así, la investigación científica de frontera en el área biotecnológica y el apoyo económico de los gobiernos en el mundo permitieron producir en un tiempo récord diferentes vacunas contra la COVID-19, cuya distribución y aplicación ya inició este diciembre pasado.

Por supuesto, esta situación excepcional afectó también al desarrollo de las actividades de la Academia Mexicana de Ciencias (AMC). Como en todo el mundo, tuvimos que ajustarnos a una nueva manera de trabajar y, aun con las restricciones de confinamiento, logramos continuar con nuestra labor. Como ya se informó a la membresía, la crisis económica del país y del mundo es una realidad que también afectó a la estructura de la Academia, la cual sufrió grandes modificaciones en estos últimos meses. Esperamos que estos cambios permitan enfrentar exitosamente este año 2021 que inicia. Aunque tendremos muchos retos, estamos seguros de que también se presentarán nuevas oportunidades para que la AMC apoye al desarrollo de la ciencia en nuestro país, para el bienestar de todos los mexicanos.

Durante 2020 se realizaron las actividades académicas y de divulgación de la Academia en un formato virtual, lo cual permitió llegar a un público mucho más amplio en todas las regiones del país y hasta de Latinoamérica. Incluso logramos llevar a

cabo en este formato el Verano de la Investigación Científica, que este año cumplió su 30 aniversario. Asimismo, nuestra revista *Ciencia* cumplió su 80 aniversario y mantuvo su periodicidad a lo largo del año. Se editaron cuatro números trimestrales y, además, un número especial dedicado a la pandemia de COVID-19. Todo este material está disponible en el portal digital de la AMC.

Este primer número de la revista en el año 2021 está dedicado a la Ciudad de México (CDMX); su editora huésped es la doctora Rosaura Ruiz Gutiérrez, Secretaria de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la capital mexicana. En él se abordan temas de gran importancia para la gran megalópolis de nuestro país, como el problema de un abastecimiento sustentable de agua a la Zona Metropolitana de la CDMX; los proyectos para fomentar la electromovilidad del transporte público; las nuevas posibilidades que ofrecen las tecnologías digitales para la educación; la retroalimentación entre la ciencia y la diplomacia para atender los grandes retos globales; las estrategias para la consolidación de una cultura de paz en la ciudad; el proyecto de una iluminación adecuada del espacio urbano; la red sísmica de la CDMX; así como el programa de los centros comunitarios Pilares. Adicionalmente, se incluyen interesantes artículos sobre el cultivo *in vitro* de agaves, las zoonosis causadas por roedores y murciélagos, y las orquídeas del género *Laelia*.

En el inicio de este año les deseamos a ustedes, apreciados lectores, que gocen de buena salud y les expresamos nuestros mejores deseos por un feliz y próspero 2021.

SUSANA LIZANO SOBERÓN
Presidenta

Desde el Comité Editorial

Queridos amigos, una buena noticia: tenemos el orgullo y la satisfacción de informarles que en los pasados días el gobierno de Francia ha tenido a bien conceder la prestigiosa Condecoración de la Legión de Honor a la doctora Dalila Aldana Aranda, editora huésped de nuestro pasado número temático *México ante el sargazo*, por sus estudios sobre la biodiversidad en el mar Caribe; con ello se reconoce la calidad de los científicos mexicanos y la importancia de sus investigaciones.

Por otro lado, gracias al apoyo de la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (Sectei) del Gobierno de la Ciudad de México (CDMX), tenemos el gusto de ofrecer en esta ocasión una interesante sección temática preparada para ustedes por la doctora Rosaura Ruiz Gutiérrez, titular de la Sectei, acerca de algunos de los muchos problemas que enfrenta la CDMX y los esfuerzos que con sobrada imaginación se hacen para darles respuesta. En este orden de ideas, podrán enterarse en el artículo de Marcela Meneses Reyes lo que son los Puntos de Innovación, Libertad, Arte, Educación y Saberes (Pilares), un programa desarrollado por la Sectei y dirigido a jóvenes de 15 a 29 años, a mujeres jefas de familia, y a personas que habitan en las zonas con bajos índices de desarrollo social y altos índices delictivos. El programa cuenta con ciberescuelas en 35 sectores policíacos y ofrece también apoyo a todos aquellos elementos de la policía con deseo de continuar o terminar sus estudios. En palabras de la autora, se aspira “a hacer de la educación y el trabajo los dos pilares que sostendrán el acceso a los derechos y a una vida digna para la ciudadanía”. Aparte de este artículo, no dejen de enterarse en esta espléndida sección de la magnitud de aquellos problemas que para la ciudad trae aparejado el aprovisionamiento y uso del agua potable, la violencia y hasta la iluminación. Adicionalmente, entre otros interesantísimos temas que esta sección les trae, y que por falta de espacio no podemos reseñarlos, conozcan las ventajas y los retos que conlleva la transición de los vehículos de combustión interna a vehículos eléctricos no contaminantes, así como la enorme utilidad de contar con una red sísmica que realice un monitoreo en todos los puntos de la ciudad para incrementar la seguridad tanto de sus habitantes como de sus bienes.

En la sección de Novedades científicas, si a usted le gusta el tequila, el mezcal u otras bebidas como el sotol, la bacanora, así como por supuesto el delicioso pulque, todas ellas derivadas de distintos tipos de agave, escancie su copa y conozca de la pluma de Karla Sugrey Moreno Martínez y Kelly Maribel Monja Mio qué tipo de planta son los agaves, cómo es la naturaleza de su ciclo de vida, así como cuáles son sus distintos usos, incluidos el decorativo y el de productor de fibras textiles. Entérese de los problemas que enfrentan estas plantas y de qué manera su cultivo inicial en condiciones de laboratorio tiende a resolverlos.

Por otro lado, de particular importancia en esta época en que sufrimos la pandemia causada por el SARS-CoV-2 resulta el trabajo de Gloria Tapia Ramírez y sus colaboradores, en el que nos describen que los roedores y murciélagos son reservorios de diversos tipos de virus como el que nos afecta en este momento, y al convivir con nosotros a consecuencia de diversos hábitos poblacionales o alimenticios, migraciones o cambios propiciados por el cambio climático, nos transmiten nuevas enfermedades que pueden resultar de elevada mortalidad y difícil control. Entendamos, en el mismo artículo, cómo las relaciones ecológicas entre roedores, murciélagos y otras especies deben ser conocidas para nuestro propio beneficio.

Por último, no puedo terminar de escribir estas líneas sin recomendarles que lean, sobre todo si son amantes de las flores, el excelente artículo que sobre las orquídeas mexicanas han escrito Alejandra Vera Aguilar y colaboradores, en el que revisan el uso de algunas de las principales especies del género *Laelia*, bellas flores de tres pétalos que forman parte de nuestras tradiciones y aún siguen presentes en numerosas fiestas, tanto religiosas como mortuorias, además de que, por supuesto, adornan nuestras casas y los jardines de los coleccionistas. Dado el peligro de su extinción, conozcan los esfuerzos que se hacen para preservarlas e incluso para tornarlas en una fuente importante de ingreso para nuestro país.

Queridos lectores, que tengan un año 2021 lleno de salud y, por consiguiente, de amor y felicidad.

MIGUEL PÉREZ DE LA MORA
Director



PRESENTACIÓN

Educación, ciencia y tecnología. Retos de la Ciudad de México

La Ciudad de México (CDMX) forma parte de un complejo entorno en el que se enfrentan profundos rezagos sociales y desigualdades con un panorama de oportunidades único en el país para hacerles frente. Con ello, el Gobierno de la CDMX tiene el objetivo de crear una metrópoli de derechos, a partir de una visión científica y un pensamiento crítico, ético y transparente.

La ciencia, con una visión humanista, es un arma poderosa para el avance del conocimiento y su aplicación en la solución de los problemas nacionales. Con el presente número de la revista *Ciencia*, la Academia Mexicana de Ciencias (AMC) refuerza esta visión dando a conocer algunos de los importantes proyectos que nacen de la Red ECOS de la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (Sectei), un órgano integrado por las principales instituciones de educación superior, públicas y privadas, así como centros de investigación, institutos nacionales e instancias gubernamentales, que a partir de la colaboración interinstitucional coadyuvan en la atención de los problemas que enfrenta la CDMX.

Las reflexiones de especialistas que participan en la Red ECOS, contenidas en este número temático, aportan diagnósticos y propuestas que van desde la innovación educativa hasta las complejidades de la condición del agua, pasando por la violencia y la seguridad, el transporte público, las contribuciones de la ciencia a la diplomacia y el desafío que históricamente ha planteado para la población de la CDMX el vivir en una zona sísmica.

Para iniciar, Óscar Escolero, César Herrera y Adrián Pedrozo ofrecen un análisis sobre el problema de la escasez del agua, la sobreexplotación, la erosión, el desperdicio y las condiciones que se vinculan con el cambio climático. Aunque la CDMX cuenta con estándares de servicio de agua potable por encima del promedio de América Latina, abastecer a 20 millones de habitantes es un reto de enormes proporciones. Los principales problemas que enfrentamos actualmente son la explotación intensiva del agua subterránea, las fugas en las redes de agua potable y drenaje, las inundaciones y encharcamientos, así como la coordinación entre las diferentes instancias de gobierno involucradas. A esto se suma la amenaza constante del cambio climático, ya que la elevación de la temperatura ambiental en el verano llevará a una mayor demanda. Para los autores, la solución a estos problemas se encuentra en el desarrollo de medidas de adaptación, como mejorar los hábitos de consumo de agua, reducir las fugas en la red de agua potable y promover una cultura orientada a la conservación de los recursos hídricos. Esto, sin duda, implica un reto en términos educativos para sensibilizar a la población, iniciando con los más pequeños, así como para promover la sostenibilidad como un valor para los habitantes de nuestra ciudad.

Las investigaciones en psicología han demostrado que más allá de los cambios de comportamiento individuales, es necesario promover un entorno que aliente a los ciudadanos a actuar de manera responsable para con el ambiente (Arbuthnott, 2009; Frisk

y Larson, 2011; White y cols., 2019). En este sentido, uno de los cambios más urgentes está en la manera de transportarnos. En los últimos 10 años, la CDMX ha duplicado su parque vehicular (Inegi, 2020), con el consecuente aumento de emisiones de gases de efecto invernadero, 44% de las cuales son atribuibles al sector transporte (Sistema de Corredores de Transporte Público de Pasajeros del D.F. Metrobús, 2020). Como respuesta a esta problemática, desde el Gobierno estamos promoviendo alternativas para la movilidad y una parte central de este esfuerzo es la creación de la Red de Electromovilidad para generar un cambio de paradigma que encauce los esfuerzos hacia la producción masiva de vehículos eléctricos con la participación, desde luego, de la iniciativa privada. En el presente número de la revista *Ciencia*, la contribución de Jorge Carmona es fundamental para comprender el problema y los esfuerzos que ya hemos emprendido. Más allá de los retos de infraestructura, la transición hacia la electromovilidad y hacia formas de transporte sostenibles en el largo plazo dependerá de la participación informada de la ciudadanía.

Sin duda, avanzar hacia el futuro requiere que aprovechemos los desarrollos científicos y tecnológicos de la humanidad para impulsar el enorme potencial de los mexicanos, en todos los ámbitos de la vida. Respecto a la educación, Eduardo Peñalosa, Francisco Cervantes y Alma Herrera abordan las profundas transformaciones que se avecinan, acentuadas de manera insoslayable por la pandemia provocada por el virus SARS-CoV-2. Estos cambios en los modelos educativos se perfilan hacia el impostergable fortalecimiento de la cultura digital y el mundo virtual. Para los autores, en el contexto de la revolución industrial 4.0, el uso de las tecnologías digitales abre la puerta hacia un mayor acceso a la educación; es una herramienta para combatir el rezago y brindar a los jóvenes nuevas oportunidades de mejorar sus condiciones con una formación profesional completa y de calidad.

Hasta hace poco, el más grande reto a superar en la modernización de la educación era la discrepancia entre la velocidad de digitalización de los recursos educativos y la del propio proceso educativo, que era muy baja (Machekhina, 2017). Es decir, aunque se

contaba con esfuerzos importantes por parte de los gobiernos por proveer la infraestructura necesaria para la digitalización educativa, ésta no siempre se incorporaba como parte fundamental del proceso de enseñanza-aprendizaje en las aulas. La pandemia ocasionada por la rápida propagación de la COVID-19 nos ha llevado al aprovechamiento de los medios digitales para la educación de alumnos de todas las edades. El reto es potenciar el aprovechamiento de la tecnología y el conocimiento científico con la experiencia colectiva.

Ante este tipo de retos, México cuenta con un enorme talento científico y profesional cuyo potencial para resolver los grandes problemas nacionales, históricamente, no ha sido aprovechado. La Red ECOS contribuye a subsanar esta falta conformando redes de expertos que exploran nuevas soluciones a los problemas que nos aquejan de antaño. Todas estas estrategias requieren ser articuladas desde un horizonte diplomático, el cual abordan Brenda Valderrama y Parsifal Islas en su artículo al poner énfasis en la necesidad de profesionalizar e institucionalizar la participación de los científicos en la política exterior, como parte de una estrategia nacional de ciencia y tecnología.

Asimismo, el bienestar de las personas y su educación contribuyen a generar el entorno de paz al que todos aspiramos, sobre el cual discuten Sergio Aguayo, Rodrigo Peña y Saúl Espino en este número. Proponen construirlo desde un enfoque local y aducen que no será posible subsanar las deficiencias en el acceso a la impartición de justicia en la CDMX y en el país sin invertir de manera eficaz y sostenida en la construcción y el reforzamiento de lo que llaman islotes de paz, desde la docencia y la investigación.

Por otro lado, Ana María Cetto y Teresa Josefina Pérez de Celis reflexionan a propósito de la configuración de un plan maestro de iluminación urbana, desde el proyecto Luces sobre la ciudad, con el cual se busca establecer una metodología de colaboración para el desarrollo de proyectos de iluminación que incluya un laboratorio de ideas y soluciones para atajar el problema de la iluminación urbana, así como la evaluación de una estrategia integral y sustentable, con base en casos reales.

Un ejemplo más es la Red Sísmica de la CDMX, de la cual habla Jorge Aguirre en este número. En la ciudad de México hemos sufrido grandes tragedias humanitarias a causa de los sismos, que son fenómenos inevitables de la naturaleza para los que debemos estar preparados. La Red Sísmica integra cinco redes sismológicas, un hecho sin precedentes en la sismología mexicana. El objetivo, a grandes rasgos, es contribuir al monitoreo de los movimientos naturales de la tierra y generar información que nos permita construir una base de datos adecuada para estimar el peligro sísmico de la ciudad. Con ello podremos tomar mejores decisiones, basadas en datos científicos.

Una de las contribuciones más significativas de este Gobierno para mejorar el bienestar de las personas es, sin duda, el enorme esfuerzo que ha desplegado para atender los rezagos educativos y económicos de la ciudad. El programa emblemático en este sentido es la instalación de los Puntos de Innovación, Libertad, Arte, Educación y Saberes (Pilares) en las zonas más olvidadas de la capital, donde se ofrece atención a jóvenes, mujeres jefas de familia y adultos en general. En su artículo, Marcela Meneses relata la experiencia de Pilares y sugiere ajustes para un mejor funcionamiento a futuro del programa. Hoy, Pilares es el marco de referencia para el trabajo con jóvenes de 15 a 29 años, pero Marcela señala que el reto es atender a los jóvenes de 12 a 14 años dentro del programa, con el fin de evitar que caigan en el abandono y promover el desarrollo de habilidades que les permitan aspirar a un mejor futuro.

Como puede verse en las aportaciones que aquí se presentan, una parte importante de la estrategia implementada desde el Gobierno de la CDMX para hacer frente a las realidades que se viven en la capital del país descansa en el paraguas interinstitucional de la Red ECOS y el trabajo colaborativo entre las y los científicos, humanistas y tecnólogos con las y los servidores públicos. Los proyectos que ofrece este número de *Ciencia* abren una ventana para permitir que el compromiso gubernamental con un espíritu social se traduzca en estrategias y políticas públicas que mejoren la calidad de vida de los habi-

tantes con un enfoque de derechos humanos, inclusión y sustentabilidad.

En medio de la pandemia generada por el virus SARS-CoV-2, algunos de los desafíos que enfrentamos se han agudizado y vuelto más complejos. Como política del Gobierno de la CDMX, en la Sectei hemos respondido acentuando la vocación social de las acciones en educación, ciencia, tecnología e innovación con sentido humanista, mediante acciones que mejoran la vida de las personas. No resta más que agradecer a los científicos y humanistas que ofrecieron el conocimiento de su trabajo interinstitucional con el objetivo de mejorar las condiciones económicas y sociales de esta ciudad y quienes vivimos en ella.

Referencias específicas

- Arbuthnott, K. D. (2009), "Education for sustainable development beyond attitude change", *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 10(2):152-163. Disponible en: <doi.org/10.1108/14676370910945954>, consultado el 23 de diciembre de 2020.
- Frisk, E. y K. L. Larson (2011), "Educating for sustainability: competencies & practices for transformative action", *Journal of Sustainability Education*, 2: en línea. Disponible en: <<http://www.jsedimensions.org/wordpress/wp-content/uploads/2011/03/FriskLarson2011.pdf>>, consultado el 23 de diciembre de 2020.
- Inegi (2020), *Parque vehicular*. Disponible en: <www.inegi.org.mx/temas/vehiculos/>, consultado el 23 de diciembre de 2020.
- Machekhina, O. N. (2017), "Digitalization of education as a trend of its modernization and reforming", *Espacios*, 38(40):26. Disponible en: <www.revistaespacios.com/a17v38n40/17384026.html>, consultado el 23 de diciembre de 2020.
- Sistema de Corredores de Transporte Público de Pasajeros del D.F. Metrobús (2020), *Monitoreo de reducción de emisiones*. Disponible en: <<http://data.metrobus.cdmx.gob.mx/EMISIONES.html>>, consultado el 23 de diciembre de 2020.
- White, K., R. Habib y D. J. Hardisty (2019), "How to SHIFT consumer behaviors to be more sustainable: A literature review and guiding framework", *Journal of Marketing*, 83(3):22-49. Disponible en: <doi.org/10.1177/0022242919825649>, consultado el 23 de diciembre de 2020.

Óscar Escolero, César Herrera Toledo y Adrián Pedrozo Acuña

Agua que no has de beber... no la tires

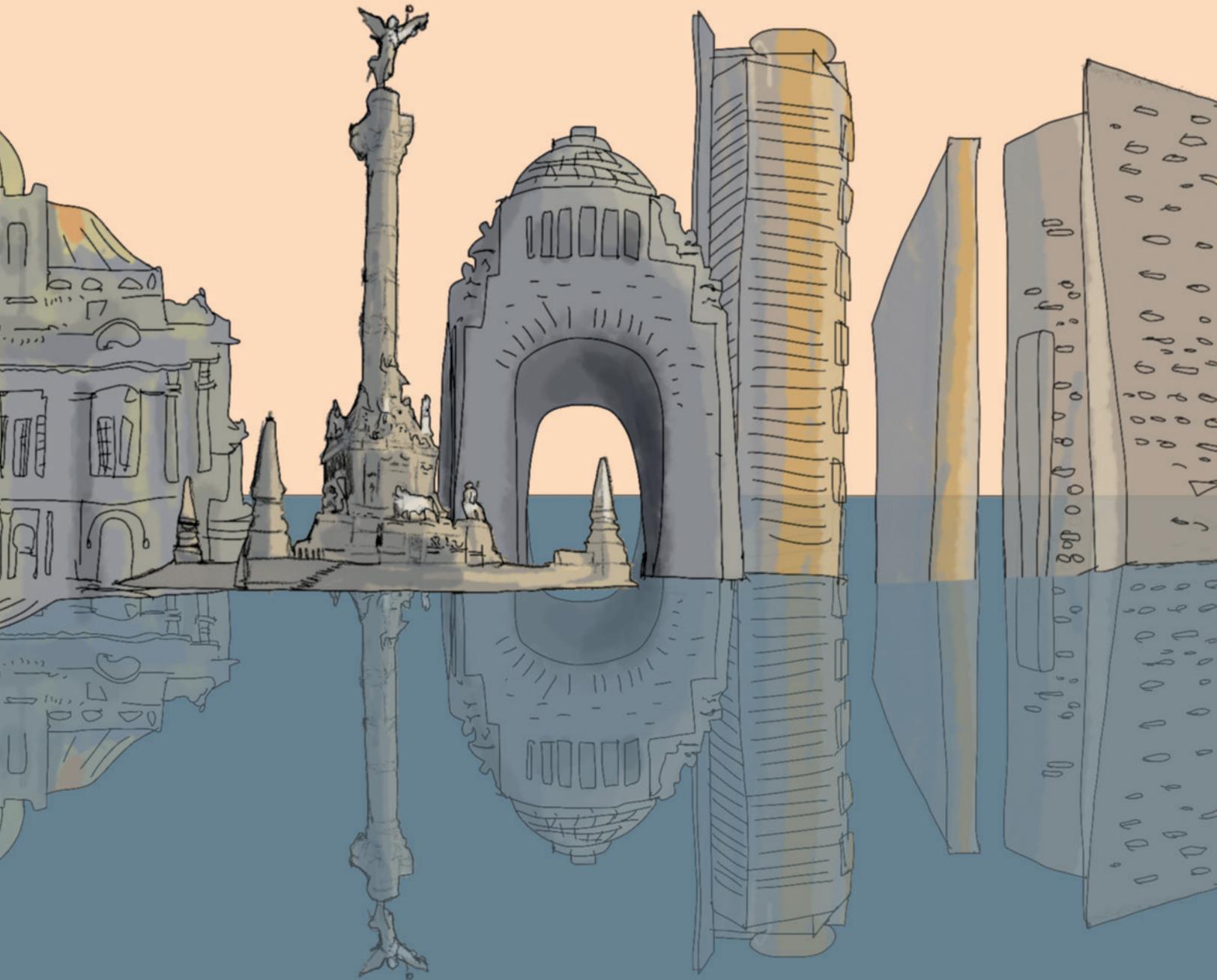
En la Ciudad de México el agua siempre es un tema crítico, tanto por su abundancia en eventos de lluvias torrenciales como por su escasez frente a la creciente demanda. Persisten enormes retos y problemas por resolver. Como respuesta, ha comenzado un proceso de trabajos e investigaciones enfocados a lograr la sostenibilidad del abastecimiento de agua a mediano y largo plazo.



Introducción

Para la Ciudad de México (CDMX) el agua siempre ha sido un tema crítico, tanto por su abundancia en eventos de lluvias torrenciales, que ocasionan inundaciones, deslaves y erosión, como también por la limitada disponibilidad frente a la sed insaciable y demanda creciente de agua en la megaciudad. El abastecimiento de agua potable se reconoce como uno de los principales retos que determina la sostenibilidad de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, que incluye a la CDMX y a varios municipios conurbados del Estado de México.

La demanda de agua para abastecer a los 20 millones de personas que habitan en el área significa un desafío formidable para quienes tienen esta responsabilidad ante la población. La CDMX cuenta con estándares de servicio de agua potable por encima del promedio de América Latina, con 98% de cobertura mediante tomas domiciliarias. No obstante, persisten diferencias en la dotación y el consumo entre diferentes zonas de la ciudad (principalmente por falta de infraestructura y deficiencias en la distribución), y se enfrentan retos importantes relacionados con las



dificultades inherentes al subsuelo, la población flotante, edad de la infraestructura, disminución de volúmenes en las fuentes de abastecimiento, hundimientos, sismos y riesgos hidrometeorológicos crecientes.

En la operación de las fuentes de abastecimiento interactúan diversos organismos regionales, estatales y municipales. La situación legal y administrativa es complicada por el hecho de los **trasvases** entre cuencas, estados y municipios, por lo que la CDMX se encuentra frecuentemente al borde de una grave crisis de abastecimiento de agua. De esta forma, las estrategias aplicadas por lo general se basan en la construcción de infraestructura de conducción y distribución del agua potable; es decir, se ha trabajado tradicionalmente del lado del incremento de la oferta.

En este contexto, la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (Sectei) de la Ciudad de México ha promovido la creación de la Red de Acuíferos de la CDMX, con la finalidad de articular los diferentes esfuerzos que se realizan actualmente para impulsar la recuperación de la cuenca hídrica a partir de acciones de rehabilitación que promuevan el desarrollo integral sustentable de la ciudad.

■ ¿De dónde proviene el agua potable que consumimos en la CDMX?

■ El agua potable que consumimos en la CDMX proviene de una gran diversidad de fuentes, tanto locales (dentro de la CDMX) como externas (del Estado de México, Hidalgo y Michoacán). Para poder organizar y operar esta diversidad de fuentes se han creado diferentes sistemas.

El más conocido es el Sistema Cutzamala, cuya construcción inició en 1982 y el cual consiste en la captación de un conjunto de arroyos mediante siete presas: Tuxpan y El Bosque, en Michoacán; Colorines, Ixtapan del Oro, Valle de Bravo, Villa Victoria y Chilesdo, en el Estado de México; además de seis macroplantas que en conjunto bombean el agua a más de 1 100 m de altura y la envían a la CDMX por un acueducto de más de 200 km de longitud. Este sistema, operado y mantenido por el Gobierno Federal, mediante la Comisión Nacional del Agua (Conagua), entrega el agua **en bloque** para abaste-

cer a 11 alcaldías de la CDMX y a 11 municipios del Estado de México. En promedio, aporta 10.2 m³/s a la CDMX (Escolero y cols., 2016).

Otro menos conocido es el Sistema Lerma. Su construcción comenzó en 1942 mediante la captación de varios manantiales y aguas superficiales en Almoloya del Río, para transferir el agua a la CDMX. Más adelante, y debido a una crisis de agua en la CDMX en la década de 1960, se transformó mediante la perforación de baterías de pozos en los valles de Toluca e Ixtlahuaca-Atlacomulco. Actualmente una parte del agua se consume en municipios del Estado de México y el resto se envía a la CDMX. Es operado y mantenido por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (Sacmex); aporta 4 m³/s a la CDMX. Aproximadamente, 43% de la población de la CDMX depende total o parcialmente de los sistemas Cutzamala y Lerma.

Debido a la misma crisis de agua mencionada arriba, en 1970 se inició la construcción de otro sistema, conocido como PAI (por el nombre del Plan de Acción Inmediata). Actualmente se compone de siete ramales o baterías de pozos que extraen agua de los valles de Cuautitlán-Pachuca, Texcoco y Valle de México; este sistema incluye ocho acueductos de más de 200 km de longitud en conjunto, además de cinco plantas de rebombeo y la potabilizadora Madín. Los ramales que componen este sistema son: Tizayuca-Pachuca, Teoloyucan, Los Reyes-Ferrocarril, Los Reyes-Ecatepec, Texcoco-Peñón, Mixquic-Santa Catarina y Tláhuac-Nezahualcóyotl. En conjunto, los ramales del Sistema PAI aportan 3.9 m³/s a la CDMX.

Adicionalmente, Sacmex mantiene y opera una serie de 588 pozos dentro de la zona urbana de la CDMX. Estos pozos están organizados en cinco sistemas según la región donde se ubiquen: Norte, Centro, Oriente, Sur y Poniente. El Sistema Sur es el más grande, integrado por 284 pozos y dividido en siete subsistemas. Los primeros pozos en la CDMX se perforaron en 1935, a algunas decenas de metros de profundidad. Actualmente, la profundidad media de los pozos oscila entre 200 y 300 m, aunque también se tienen algunos pozos a 700 y 1 000 m de profundidad, y más recientemente, varios pozos

Trasvases

Forma de transferencia intencional de agua de una cuenca a otra.

En bloque

Entrega de agua en un sitio determinado en forma volumétrica.

con 2 000 m de profundidad. Este conjunto de pozos aporta 13.8 m³/s a la CDMX.

Asimismo, otra fuente importante de abastecimiento dentro de la CDMX es la captación de un grupo de 64 manantiales localizados al sur y poniente, dentro de la zona denominada suelo de conservación. Éstos son operados principalmente por Sacmex y por habitantes de las comunidades locales que los aprovechan. Actualmente aportan 820 l/s a la parte sur de la ciudad.

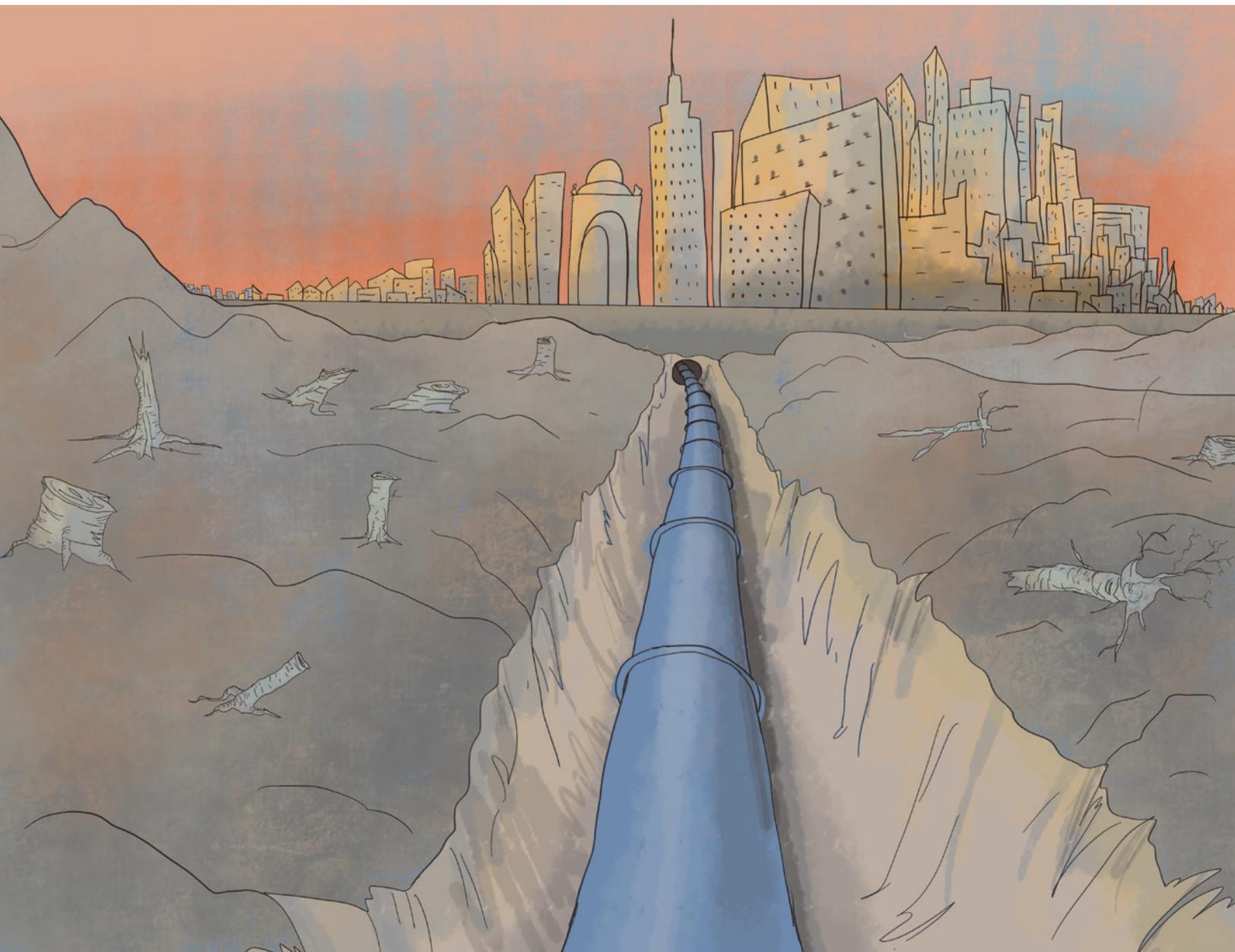
Por último, el Sistema Chiconautla es más pequeño. Su construcción inició en 1957 y actualmente cuenta con 41 pozos de entre 50 y 321 m de profundidad. El otro sistema consiste en la captación de agua superficial del río Magdalena, que aporta 100 l/s a la parte sur de la CDMX.

En resumen, 55% del agua que se suministra a la CDMX proviene de fuentes externas y 45% se origina en fuentes dentro del territorio.

   **¿Cuánta agua usamos en la CDMX y cuánta reutilizamos?**

 El caudal total que se suministra a la CDMX es de 32.4 m³/s, de los cuales llegan a los usuarios finales unos 22.2 m³/s, mientras que los restantes 10.2 m³/s se pierden por fugas en las redes de agua potable, lo que representa 31% del volumen total suministrado.

Del caudal suministrado a los usuarios finales, 85% se destina al uso doméstico y el restante 15% es para usos comerciales. Del agua para uso doméstico en casas y departamentos, 45% se usa en regaderas,



28% en inodoros, 13% en lavabos, 9% en lavado de trastes, 3% en lavado de ropa, y 2% en lavado de autos. Como se puede observar, en las regaderas y los inodoros se consume la mayor parte del agua, y es donde habría más oportunidad de ahorrar en el caso del uso doméstico.

Del agua que echamos a la red de drenaje de la ciudad, una buena parte se trata mediante 26 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) a cargo de Sacmex, en las que se depuran 3.5 m³/s. Este caudal representa 58% de la capacidad instalada en todas las plantas. Del agua tratada se reutiliza 42% para riego en áreas verdes y lagos, 28% para uso agrícola, y 30% en comercios e industrias.

Adicionalmente, en la CDMX existen otras 271 pequeñas PTAR de particulares, que en conjunto depuran un caudal de 460 l/s, trabajando a un 57% de su capacidad instalada. Del agua depurada se reutiliza 78% para inodoros, 10% en riego de áreas verdes, 9% en procesos industriales, y 3% en otros usos, como lavado de autos, etcétera.

En resumen, solamente se depura y reutiliza 18% de los 22.3 m³/s que se suministran a los usuarios finales, mientras que el resto del agua residual se desaloja fuera de la Cuenca de México, para su tratamiento en la PTAR de Atotonilco, en Hidalgo, y

su posterior reutilización para el riego agrícola en el Valle del Mezquital. Es evidente entonces que se tiene un amplio margen de oportunidades para depurar y reutilizar las aguas residuales en la CDMX; uno de los usos potenciales del agua residual tratada a nivel terciario es la recarga del acuífero.

■ ■ ■ ¿Cuáles son los principales problemas relacionados con el suministro?

■ Para la mayoría de la población en la CDMX, pareciera que hay poco interés para mantener el suministro de agua potable, quizá por el desconocimiento de estos problemas. Pero la realidad es que para poder mantener funcionado el sistema de abastecimiento de agua, se enfrenta una diversidad de obstáculos amplia y compleja, ya que en cada aspecto intervienen muchos actores e intereses económicos, políticos y sociales.

La explotación intensiva del agua subterránea es uno de los casos más conocidos, ya que ha provocado el hundimiento generalizado de la CDMX, lo que a su vez ha causado problemas de inundaciones locales y daños a la infraestructura urbana de redes de distribución de agua y del sistema de drenaje, además de casas, edificios, calles, puentes y otras obras. En 1950 se inició un programa para sacar los pozos del centro de la ciudad hacia la periferia, lo que provocó una reducción en el ritmo de los hundimientos en el centro de la CDMX y al mismo tiempo un aumento del hundimiento en las zonas donde se reubicaron los pozos.

Otro reto es la relación entre las autoridades de la CDMX con las del Estado de México, la cual ha estado siempre marcada por los conflictos políticos y sociales a raíz de la operación de los sistemas Lerma y Cutzamala. La explotación intensiva por el Sistema Lerma ha provocado fuertes impactos ecológicos y económicos en los valles de Toluca e Ixtlahuaca-Atlacomulco, como hundimientos y agrietamientos del suelo en las zonas de explotación, así como la transformación de los cultivos de riego en temporales, debido al incremento en los costos de perforación, mantenimiento y energía eléctrica en los pozos para uso agrícola.



Adicionalmente, desde el punto de vista de la calidad del agua, las presas del Sistema Cutzamala tienen mucha presión por las descargas de aguas residuales de las poblaciones y comunidades asentadas en la periferia de las presas; la presa de Valle de Bravo es la más afectada por la urbanización, ya que todavía se descargan ahí aguas residuales, a pesar de los trabajos para construir drenajes en sus orillas. Además, en la presa Valle de Bravo se practican deportes acuáticos y otras actividades relacionadas con el turismo, las cuales tienen impacto en la calidad del agua.

Por otra parte, en las alcaldías Tláhuac, Xochimilco, Milpa Alta y Tlalpan, donde se practica la agricultura, se tienen problemas de calidad del agua debido al uso de agroquímicos, ya que, al ser aplicados de manera no controlada, contaminan el agua subterránea por la infiltración de los lixiviados agrícolas.

Asimismo, en la zona suroriente de la CDMX (Iztapalapa y Tláhuac) hay problemas de mala calidad del agua por los altos contenidos de sales disueltas, ya que el agua subterránea de reciente infiltración, que tiene bajos contenidos de sales disueltas, se mezcla con el agua subterránea muy antigua (de varios miles de años) de residencia en el subsuelo, la cual tiene altos contenidos de sales disueltas debido a los procesos de interacción agua-roca en zonas profundas.

Otro problema son las fugas en las redes de agua potable y drenaje, aun cuando se están reparando constantemente. Cada año Sacmex repara unas 26 600 fugas, en las que se tira en promedio 0.4 l/s por cada una, lo que equivale a una pérdida diaria de 33 tinacos de 1 000 l en cada fuga. Actualmente se están realizando esfuerzos para reducir las fugas; por ejemplo, la **sectorización** permitirá controlar los volúmenes de agua e identificar mejor las fugas para repararlas.

Por último, las inundaciones y los encharcamientos que se presentan con frecuencia en la temporada de lluvias tienen un origen multifactorial, debido a los daños en las redes de drenaje por los hundimientos y los sismos, sumados al problema del azolve de cauces, presas, lagunas de regulación, barrancas, etcétera.



■ **¿Qué podría pasar con el cambio climático y qué opciones tenemos?**

■ La preocupación en el mundo por los efectos negativos del cambio climático surgió a principios de los años noventa del siglo XX. En la primera década, la discusión giraba sobre todo en torno a la aceptación de los cambios como fenómeno de origen antropogénico, así como acerca de la validez de la base científica y los modelos de cálculo. Ahora los efectos del cambio climático son cada vez más evidentes y dramáticos alrededor del planeta. Mientras los mecanismos de mitigación propuestos en el Protocolo de Kioto han fracasado en gran medida, la agenda política se empieza a enfocar en la disminución de la vulnerabilidad frente a los desastres frecuentes y los cambios a largo plazo, para lograr una mejor adaptación a un fenómeno que ya no es reversible.

La seguridad alimentaria, el riesgo por los fenómenos climáticos extremos y los impactos sobre la disponibilidad de agua son los puntos clave de este reto para la humanidad, situación que ha quedado al descubierto con la pandemia del coronavirus, ya que se demanda agua para que toda la población tenga hábitos de higiene apropiados.

En el caso del agua de la CDMX, los impactos identificados están relacionados con el aumento

◀ **Sectorización**

División de las redes de agua potable en sectores, en forma de compartimientos controlados mediante válvulas para poder transferir agua de un sector a otro.

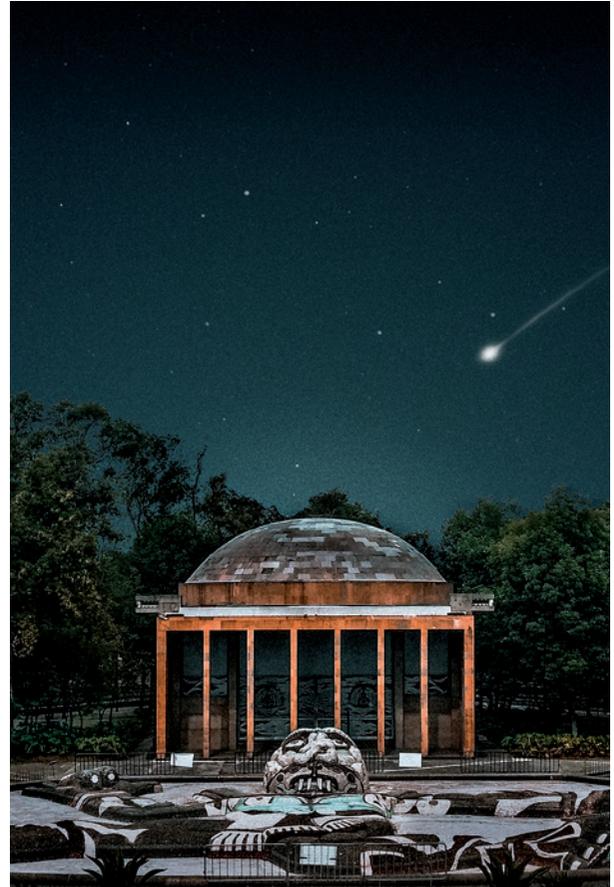
de la temperatura ambiente en los meses de verano, lo que ocasionará una mayor demanda de agua, una mayor evaporación en las presas y una mayor evapotranspiración en las zonas de recarga. Con respecto a la precipitación, se espera la misma cantidad al año, pero concentrada en lluvias más intensas en periodos más cortos, lo que resultaría en una menor infiltración y un mayor escurrimiento superficial; al haber menor infiltración se reduce la recarga y se afectan los pozos y los manantiales al surponiente de la CDMX. El aumento del escurrimiento superficial agravaría los problemas de encharcamientos e inundaciones en la zona urbana.

Para atender los impactos del cambio climático, además de las medidas de mitigación que permitan reducir la emisión de gases de efecto invernadero, para aumentar la resiliencia y la seguridad hídrica de la CDMX, se deben desarrollar medidas de adaptación, entre las que destacan: adoptar hábitos de consumo per cápita, reducir las fugas en la red y promover una cultura orientada a desalentar el desperdicio. Es conveniente plantear políticas públicas que privilegien el manejo de la recarga para la conservación de los acuíferos con el fin de utilizar el agua subterránea de manera sostenible.

¿Qué se está haciendo actualmente para atender la problemática en la CDMX?

La vida digna incluye de manera importante el acceso al agua en el presente y para las generaciones futuras. El abastecimiento de agua a la CDMX se caracteriza por ineficiencias e injusticias que lo hacen, entre otras cosas, claramente insostenible. El manejo sustentable del agua es un imperativo para garantizar los derechos sociales y una vida digna en la ciudad. Por esta razón, el Gobierno de la CDMX se ha propuesto mejorar el suministro de agua potable en cantidad y calidad, así como disminuir progresivamente la sobreexplotación del acuífero mediante el manejo integral y sustentable del agua.

Además de los programas y proyectos que realizan de manera directa las diferentes dependencias gubernamentales, mediante la participación de instituciones de educación superior y de investigación,



con el apoyo de algunos organismos de la CDMX, como la Secretaría del Medio Ambiente (Sedema), Sectei y Sacmex, se han planteado diversos proyectos encaminados a lograr el manejo integrado y sustentable del agua.

Destaca el Grupo de Investigación en Gestión Integral del Agua Subterránea (GIGIAS), de los institutos de Geofísica y Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Actualmente se realiza el “Estudio para la caracterización de la calidad del agua del acuífero de la Ciudad de México”, en el que se analizan las posibles fuentes que originan los problemas de calidad del agua y se proponen acciones para su protección. Este estudio se apoya en investigaciones previas llevadas a cabo con apoyo de fondos de Sectei (Montiel Palma y cols., 2014) o de Sacmex.

En convenio con Sacmex, el Instituto de Ingeniería de la UNAM desarrolla el “Plan de manejo integral del acuífero” con acciones específicas para



lograr la sostenibilidad. Para ello, se emplea el modelo numérico desarrollado por sus participantes y se incluyen aspectos ambientales, la oferta y demanda, calidad, riesgo, fortalecimiento y gobernabilidad, así como instrumentos de planeación, económicos, políticos, normativos, financieros, tecnológicos, sectoriales, institucionales y sociales que permitan su ejecución.

Asimismo, en el Instituto de Ingeniería de la UNAM, con apoyo de Sectei, se trabaja en la modernización del monitoreo de los niveles del agua subterránea en la CDMX. Para ello se han instalado dispositivos de medición automática, y los datos se integran a un portal web para su visualización en tiempo real.¹

El Instituto de Geología de la UNAM, mediante convenios con Sacmex, ha participado, desde la concepción del programa, en el diseño, construc-

ción y puesta en operación de cinco pozos perforados a 2 000 m de profundidad, como parte de la búsqueda de fuentes alternativas para la CDMX. Los resultados de dichas perforaciones están disponibles en internet² y en publicaciones especializadas de acceso abierto (Morales-Casique y cols., 2014; Arce y cols., 2015; Morales-Casique y cols., 2015).

Por otra parte, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), en convenio con Sacmex, realiza estudios para la identificar **horizontes** con agua de buena calidad en pozos de Sacmex, como apoyo para la rehabilitación integral de plantas potabilizadoras en la CDMX.

La Asociación 2050 El Equilibrio Hidrológico Cuenta, A. C., con apoyo de la Fundación Gonzalo Río Arronte y de Sectei, elabora un estudio a partir del balance de agua superficial y subterránea de la CDMX, en el marco del Valle de México. Se analizan las diversas acciones a desarrollar para reducir la sobreexplotación del acuífero, incluidas las medidas estructurales; por ejemplo, los proyectos que incrementan la oferta, como Tecolutla o El Mezquital, y también otras medidas locales, como la recarga de acuíferos o el reúso de aguas residuales tratadas.

Más recientemente, el Instituto de Geología de la UNAM, con apoyo de Sectei y la participación de la Coordinación de Asesores del Gobierno de la CDMX, Sedema y Sacmex, desarrolla el “Plan 20 años de desarrollo de la Ciudad de México, propuesta para el sistema de recursos hídricos”. El objetivo es analizar la sustentabilidad del abastecimiento de agua potable a la CDMX a partir de un conjunto de escenarios de uso del agua que correspondan a posibles decisiones o aspiraciones de sus habitantes, con sustento en políticas plausibles, encaminadas a garantizar una vida digna y sustentable para la ciudadanía. Como resultado de este proyecto se plantean escenarios a 40 años, en los cuales se establecen acciones de mediano y largo plazo que permitirían eliminar la sobreexplotación del acuífero y reducir la dependencia de la CDMX de fuentes externas a su territorio.

Horizontes

Estratos del subsuelo con características geológicas e hidrogeológicas homogéneas.

¹ Véase: <<https://www.oh-iiunam.mx/acuífero.html>>.

² Véase: <<https://www.geologia.unam.mx:8080/igl/index.php/boletin-del-instituto-de-geologia>>.

Existen muchos otros proyectos realizados por los integrantes de la Red de Acuíferos de la CDMX, con apoyo de Sectei, Sedema y Sacmex, pero por limitaciones de espacio no los describimos en este trabajo.

■ **¿Qué faltaría hacer?**

■ Tradicionalmente, las diferentes componentes del problema del agua, tanto naturales como sociales y económicas, se han gestionado de manera separada, cuando éstas están fuertemente interrelacionadas. En años recientes se ha transitado a un enfoque integrado que incorpora todas las cuestiones relevantes, equilibra los diferentes intereses de los usuarios del agua y tiene en cuenta el principio de sustentabilidad. Este principio plantea el manejo del agua, de forma que se satisfagan las necesidades presentes, sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesida-

des, y contemplando los impactos socioeconómicos y ambientales asociados a su uso.

En el caso del agua subterránea, en todo el planeta se registra un exceso en la extracción a una tasa mucho más rápida de la que este recurso se repone de forma natural. Esto se debe a la incertidumbre en el cálculo de los volúmenes disponibles y a la insuficiente información por falta de redes de monitoreo adecuadas. Así, la ausencia de rigor técnico en el cálculo de los balances hídricos y la poca vigilancia de las extracciones fomentan un uso no sostenible y poco transparente del agua, lo cual genera conflictos en todo el mundo.

Una posible vía para alcanzar la sustentabilidad del agua es mediante la preservación de las extracciones de agua subterránea a un nivel que no permita su sobreexplotación. En una primera mirada, se podría pensar que es posible extraer un volumen de agua igual al definido por la recarga natural de los



acuíferos, lo cual es un error, ya que los acuíferos son sistemas dinámicos en los que el gasto de salida responde al gasto de entrada. En condiciones naturales, el gasto de salida sería idéntico al gasto de entrada; pero cuando extraemos agua por medio de pozos u otra forma de extracción de manera intencional, se interceptan las descargas naturales, lo cual afecta al flujo de salida y, en consecuencia, al **gasto base** de los ríos. Por lo tanto, para alcanzar la sustentabilidad hídrica de los acuíferos, el uso de agua subterránea debe estar limitado a una fracción de la recarga natural de los mismos. La extracción de agua subterránea de un acuífero siempre afectará los **niveles piezométricos**: a mayor extracción, mayor abatimiento o caída de dichos niveles.

Los estudios del problema del agua en la CDMX consideran cada vez más una visión holística. Sin embargo, todavía hay mucho por hacer en cuanto a las propuestas de soluciones prácticas con un enfoque integral, incluidos los aspectos económicos y sociales, así como la participación de los diferentes usuarios del agua. Para ello, requerimos basarnos en la evidencia científica moderna, el pensamiento crítico, la ética y la transparencia de la información, que nos permitirán construir una solución junto con la sociedad.

Óscar Escolero

Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.

escolero@geologia.unam.mx

César Herrera Toledo

Asociación 2050. El Equilibrio Hidrológico Cuenta, A. C.
herrera.toledo@gmail.com

Adrián Pedrozo Acuña

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

adrian_pedrozo@tlaloc.imta.mx

Referencias específicas

Arce, J. L. *et al.* (2015), "Geología y estratigrafía del pozo profundo San Lorenzo Tezonco y de sus alrededores, sur de la Cuenca de México", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67(2):123-143. Disponible en: <<http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/6702/%281%29Arce.pdf>>, consultado el 2 de noviembre de 2020.

Escolero, Ó., S. Kralisch, S. E. Martínez y M. Perevochtchikova (2020), "Diagnóstico y análisis de los factores que influyen en la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable a la Ciudad de México, México", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 68(3):409-427. Disponible en: <<http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/6803/%283%29Escolero.pdf>>, consultado el 2 de noviembre de 2020.

Morales-Casique, É., Ó. A. Escolero y J. L. Arce (2014), "Resultados del pozo San Lorenzo Tezonco y sus implicaciones en el entendimiento de la hidrogeología regional de la cuenca de México", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 31(1):64-75. Disponible en: <<http://www.rmccg.unam.mx/index.php/rmccg/article/view/263>>, consultado el 2 de noviembre de 2020.

Morales-Casique, É., Ó. A. Escolero y J. L. Arce (2015), "Estimación de parámetros mediante inversión y análisis de las pérdidas hidráulicas lineales y no-lineales durante el desarrollo y aforo del pozo San Lorenzo Tezonco", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67(2):203-214. Disponible en: <[http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/6702/\(5\)Morales.pdf](http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/6702/(5)Morales.pdf)>, consultado el 2 de noviembre de 2020.

Montiel Palma, S., M. A. Armienta Hernández, R. Rodríguez Castillo y E. Domínguez Mariani (2014), "Identificación de zonas de contaminación por nitratos en el agua subterránea de la zona sur de la Cuenca de México", *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(2):149-165. Disponible en: <<https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/45417/40941>>, consultado el 2 de noviembre de 2020.

Gasto base

Componente del escurrimiento superficial en los ríos perennes, originado principalmente por las descargas naturales de agua subterránea.

Niveles piezométricos

Niveles que alcanza el agua subterránea en los pozos, como resultado de la presión hidráulica en el interior de los estratos del subsuelo.

Germán Jorge Carmona Paredes

Electromovilidad para el transporte público



Trolebús articulado. Foto: Sistema de Transportes Eléctricos.

Para atender los desafíos de la movilidad y la contaminación ambiental en la Ciudad de México, se creó la Red de Electromovilidad, como parte de la Red ECOS, con la participación de las dependencias de gobierno, la academia y la iniciativa privada, para la implementación de proyectos específicos de planeación, evaluación, innovación y desarrollo de tecnologías de electromovilidad.

Introducción

La Ciudad de México (CDMX) ocupa un área de 1495 km², que representa 0.1% de la superficie total del país; tiene una población de 8.9 millones de habitantes; y para 2016 contaba con 5 725 574 vehículos de motor registrados, de los cuales la mayoría corresponde a automóviles, de acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía publicados en 2017. Todo ello hace que esta ciudad presente grandes problemas de movilidad y contaminación ambiental.

Para atender los grandes desafíos, la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (Sectei) de la Ciudad de México creó la Red ECOS, con la visión de formular soluciones mediante la aplicación del conocimiento científico y la innovación técnica y social a partir de la vinculación de las instituciones académicas con el gobierno, la sociedad y el sector productivo. Como parte de esta red, se creó la Red de Electromovilidad, como un espacio común para discutir los retos y las acciones necesarias para impulsar la electromovilidad en la CDMX, con la participación de la Secretaría de Movilidad (Semovi) y la Secretaría del



Medio Ambiente (Sedema), así como la iniciativa privada y la academia.

■ Antecedentes

■ En el *Plan estratégico de movilidad para la Ciudad de México 2019*, el cual nació de las discusiones que durante el periodo electoral y de transición de gobierno se realizaron en foros ciudadanos y reuniones con expertos, se calificó a la movilidad en la CDMX como “un sistema fragmentado, altamente ineficiente y que profundiza inequidades sociales”. En dicho plan se propone una estrategia basada en la redistribución de tres componentes estructurales de la movilidad urbana: redistribución de modos, redistribución del espacio vial y redistribución de los recursos. Con este enfoque redistributivo se pretenden abordar tres grandes ejes u objetivos estratégicos para la movilidad:

1. Integrar los distintos sistemas de transporte de la ciudad para promover los viajes a pie, en bicicleta y en transporte público.
2. Proteger a las personas que utilizan los distintos sistemas de transporte, mediante infraestructura y servicios incluyentes, dignos y seguros.
3. Mejorar la infraestructura y los servicios de transporte existentes, a partir de seis estrategias específicas:
 - 3.1. Rescate y mejora del transporte público.
 - 3.2. Gestión del tránsito y el estacionamiento.
 - 3.3. Regulación de los servicios privados de movilidad.
 - 3.4. Impulso a la innovación y mejora tecnológica.
 - 3.5. Reordenamiento del transporte de carga.
 - 3.6. Mejora de la atención ciudadana.

La primera acción específica para la electromovilidad en la ciudad se enmarca en la primera estrategia del tercer objetivo, y propone recuperar la movilidad en trolebús. De los 1045 trolebuses que llegó a tener el parque vehicular del Sistema de Transportes Eléctricos (STE) en 1986, al inicio de la presente administración solamente contaba con

poco más de 100 unidades en operación, y la totalidad de la flota ya había superado los 20 años en uso, lo que contribuyó a una disminución del número de personas transportadas, de 72.6 millones en 2012 a 55 millones en 2018. La recuperación de la movilidad en trolebús se estableció como una prioridad; para ello, se adquirieron 193 nuevos trolebuses en tan sólo dos años: 63 en 2019 y 130 en 2020, de los cuales 50 son articulados. Al final de 2020 el STE operará 300 trolebuses, con el compromiso de llegar a 500 trolebuses para 2024.

La cuarta estrategia específica, para impulsar la innovación y mejora tecnológica, explícitamente plantea como una de sus metas: “generar programas integrales de fomento a la electromovilidad y hoja de ruta hacia la movilidad inteligente en la Ciudad de México”. Para atender esta estrategia, la Red de Electromovilidad propuso desarrollar el Programa de Electromovilidad de la Ciudad de México, el cual se describe a continuación.

■ ¿Por qué y para qué?

■ Es claro que uno de los grandes problemas de la CDMX consiste en que la movilidad para el transporte público y privado está basada en vehículos de combustión interna que circulan por calles y avenidas con una alta congestión vial, lo cual conlleva, además, otro gran problema de la ciudad: la contaminación ambiental. Por ello, la Sectei decidió orientar los esfuerzos de la Red de Electromovilidad a la implementación de los siguientes proyectos específicos de evaluación, innovación y desarrollo de tecnologías de electromovilidad.

1. Mapa de ruta de electromovilidad

Se desarrolló un mapa de ruta (véase la Figura 1), con una visión a 2030, para la planeación estratégica de la electromovilidad en la CDMX. El mapa permite orientar la definición de proyectos e iniciativas enfocadas a fortalecer y generar las capacidades tecnológicas, de infraestructura, regulación, recursos humanos especializados y servicios tecnológicos, entre otros, que se requieren para el desarrollo sustentable de la electromovilidad en la ciudad.

Articulado

Autobús de dos o más secciones tipo módulos; el primer módulo tiene dos ejes en la sección delantera y un tercer eje en la sección trasera (remolque).

Mapa de ruta de electromovilidad de la Ciudad de México

Estrategia prospectiva de electromovilidad

Áreas de innovación objetivo — AIO CdMx



Figura 1. Mapa de ruta para la electromovilidad de la Ciudad de México. Áreas de oportunidad para la innovación.

2. Laboratorio de evaluación de tecnologías vehiculares

En el mundo se están suscitando grandes cambios para las tecnologías vehiculares; hoy contamos con sistemas motrices basados en sistemas híbridos (combustión interna-eléctrico) y eléctricos, además de los motores de combustión interna. Sin embargo, no conocemos cuál es el desempeño real de cada una de estas tecnologías y cómo se pueden comparar desde el punto de vista de la eficiencia energética y las emisiones. ¿Cómo operan estas tecnologías vehiculares en la CDMX y cómo están implementadas?

Existe una creciente preocupación sobre la forma en que se lleva a cabo el análisis de las emisiones y del uso energético de las tecnologías vehiculares, no sólo después de la experiencia con el *software* para falsificar resultados implementado por Volkswagen en casi 500 000 automóviles con motores diésel en Estados Unidos de América y sus consecuencias para la salud pública, sino también por las dudas acerca de la adaptabilidad de los estudios de emisiones en condiciones geográficas, de mercado, de mantenimiento y de manejo diferentes a las de la CDMX. Hasta la fecha no se sabe, con base en mediciones de campo, cuáles son los factores reales de emisión y uso energético de las distintas tecnologías vehicu-

lares usadas en la ciudad. Para el caso de los automóviles eléctricos, no se han realizado estudios con mediciones de campo que den información real del desempeño desde el punto de vista de la eficiencia energética, ni estudios del efecto de ruido armónico que puede generarse en la red eléctrica como resultado de la carga masiva de los vehículos eléctricos, entre otras cuestiones.

Para poder evaluar los vehículos equipados con cualquiera de los sistemas motrices actuales, disponibles en el mercado, es indispensable contar con un laboratorio equipado con la infraestructura física y de medición necesarias para analizar cada una de estas nuevas tecnologías vehiculares, tanto en pruebas fijas con un **dinamómetro** como en pruebas de campo, ya sea en rutas predefinidas o en uso común bajo condiciones reales de manejo en la CDMX.

3. Desarrollo de sistemas para hibridar vehículos de combustión interna

Una de las principales causas de la cantidad de emisiones de gases contaminantes de los vehículos que transitan en las ciudades del país, y particularmente en la CDMX, es que los motores de combustión interna son muy poco eficientes cuando operan en regímenes de arranque y paro, que es lo más común en

Dinamómetro

También llamado banco dinamométrico, es un dispositivo empleado para medir el par (torque) y la velocidad angular de un motor y, con ello, calcular la potencia mecánica generada.

las condiciones de tráfico que se tiene en las grandes ciudades. El beneficio que se logra con un sistema de tracción híbrida (combustión interna-eléctrico) es mejorar la eficiencia del motor de combustión interna al ponerlo a trabajar en un régimen de operación lo más estable posible, ya que el motor eléctrico será el encargado del trabajo de arranque y paro del vehículo. En este proyecto se desarrollarán sistemas de hibridación para automóviles (de cinco pasajeros) y un sistema de tracción híbrida para un autobús de 6 metros (30 pasajeros), los cuales incorporarán motores de tracción eléctrica para operar en conjunto con el motor de combustión interna. De esta manera, se puede mejorar el rendimiento de los vehículos para disminuir el consumo de combustible y, por lo tanto, las emisiones de gases contaminantes.

4. Desarrollo de mototaxi para la Ciudad de México

En la ciudad operan más de 30 000 mototaxis, distribuidos principalmente en ocho alcaldías y agrupados en al menos 52 organizaciones, los cuales circulan de forma irregular desde hace más de 10 años. En su mayoría, estos vehículos son motocicletas que jalan a una calandria con mecanismos muy rudimentarios y muchas veces muy riesgosos, además de altamente contaminantes. Con el objetivo de regularizar y mejorar las condiciones de este tipo de trans-

porte público, que sin duda es uno de los medios más utilizados en varias alcaldías, se propuso desarrollar un mototaxi considerando los aspectos técnicos y de seguridad necesarios, entre los que destacan que debe ser un monovehículo con tracción eléctrica, con limitación de velocidad máxima, con una estructura resistente a volcaduras y con cinturones de seguridad para todos los ocupantes.

5. Desarrollo de un tren motriz eléctrico para autobús de 9 metros

Según datos de Semovi, los autobuses, microbuses y combis trasladan a más del 80% de los pasajeros en la CDMX. En particular, para el caso de los autobuses de 9 y 11 metros, una gran parte de la flotilla de este tipo de vehículos se renovó durante la administración anterior y, por lo tanto, son vehículos con no más de siete años de antigüedad, pero el estado de sus motores y sistemas de control de emisiones es deplorable. Debido a que estos vehículos todavía tienen bastante “vida legal”, ha sido imposible convencer a los permisionarios de actualizar las unidades, y por ello se decidió explorar la posibilidad de convertir estos vehículos a tracción eléctrica. Para esto se planteó el proyecto de desarrollo de un tren motriz eléctrico, con el menor costo posible, eficiente, confiable y seguro para este tipo de autobuses, encabezado por la empresa Reliance de México, S. A. de C. V.

6. Programa de conversión de taxis de combustión interna a tracción eléctrica

Derivado del proyecto de desarrollo de un tren motriz eléctrico para taxi, llevado a cabo durante la administración anterior por la empresa Potencia Industrial, S. A. de C. V., para la entonces Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación, se realizó la conversión a tracción eléctrica de 15 vehículos Nissan Tsuru (véase la Figura 2), con autonomía de más de 200 km, y que a la fecha han acumulado entre todos más de 1 500 000 km recorridos en más de dos años de operación; con ellos se ha demostrado que este desarrollo ha sido altamente eficiente y totalmente confiable.





Figura 2. Taxi convertido a tracción eléctrica, con 250 km de autonomía y más de 100 000 km recorridos en la Ciudad de México.

Actualmente, mediante el seguimiento de la operación de estos 15 taxis convertidos, se recaba información técnica y económica para conocer sus costos de operación, inversión y mantenimiento. De esta manera, se ha comprobado la viabilidad técnica y financiera de estos vehículos. A partir de ello, se ha planteado un proyecto de conversión de taxis cuyo estado físico sea bueno, el cual pudiera en un corto plazo sustituir motores de combustión interna por sistemas de tracción eléctrica con un costo menor al de adquirir un vehículo eléctrico nuevo.

7. Conversión a tracción eléctrica de 50 unidades de la flota vehicular del gobierno

A partir del éxito demostrado en el proyecto de desarrollo de un tren motriz eléctrico para taxi, la Sec-tei propuso la conversión a tracción eléctrica de 50 unidades de la flota vehicular del Gobierno de la CDMX, a partir de la filosofía de “pregonar con el ejemplo”. Este proyecto aún se encuentra en revisión,

al tiempo que se negocia la participación de las distintas secretarías y dependencias gubernamentales.

8. Evaluación de un minibús eléctrico de origen turco para 22 pasajeros

Hoy día es claro que los vehículos eléctricos, a pesar de su alto costo de adquisición, son económicamente viables para implementar acciones de alto recorrido, como el transporte público y el transporte de mercancías, debido al bajo costo de operación y mantenimiento, comparado con los vehículos de combustión interna. Una de las estrategias consiste en formar alianzas con la industria privada para considerar a la electromovilidad como una oportunidad desde la óptica de la eficiencia energética. Con esta visión, la empresa de energía de origen francés ENGIE ha comprado y traído a México un minibús eléctrico de origen turco, marca Karsan, que será evaluado en una primera fase en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de

México (UNAM), por el Instituto de Ingeniería, en coordinación con la Dirección de Movilidad, responsable del programa Pumabús, con el fin de asegurar que tanto el vehículo como la infraestructura cumplan con su función, además de ayudar a mitigar el riesgo tecnológico.

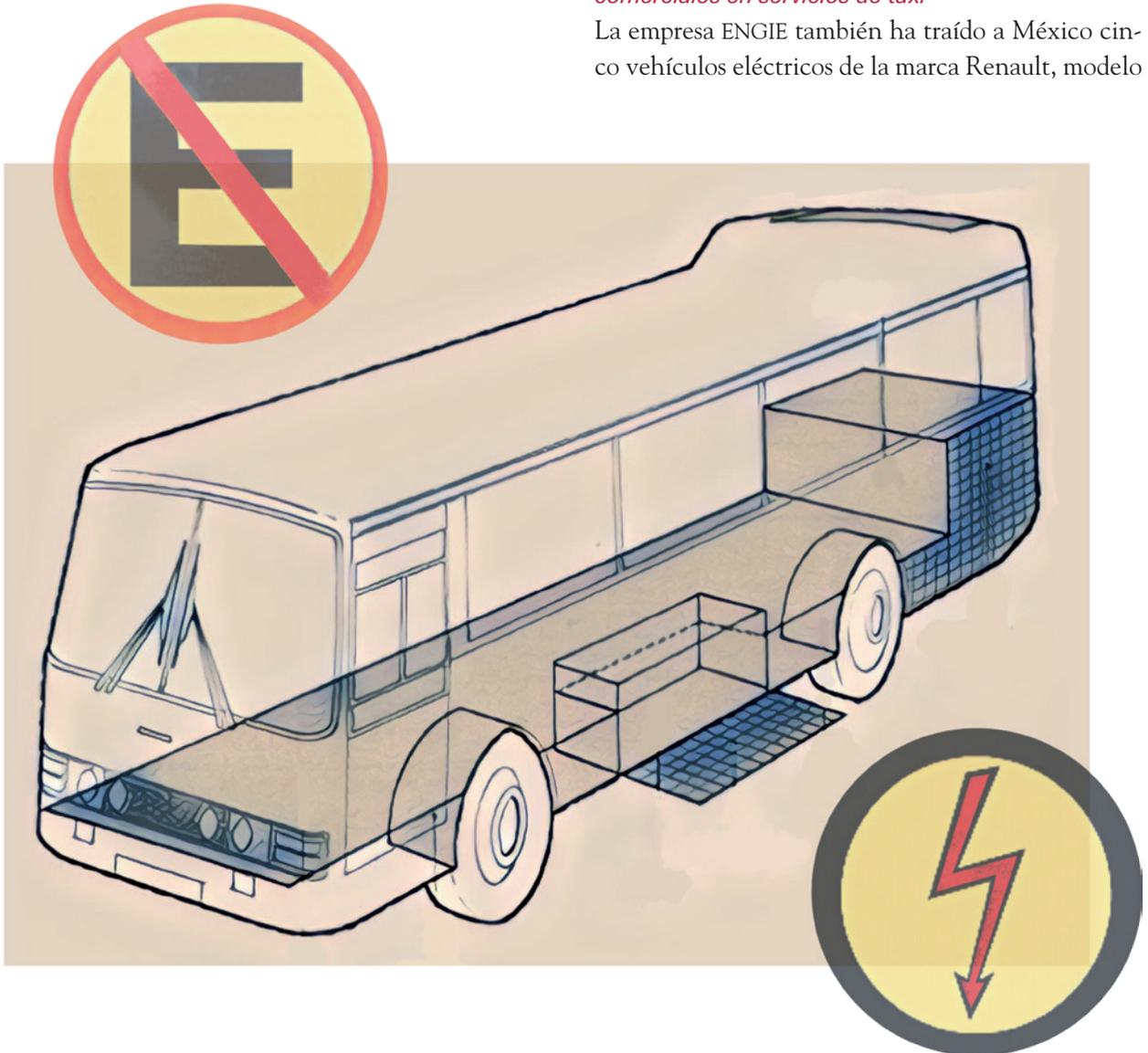
Este minibús tiene capacidad para 22 pasajeros; su puerta se ubica detrás del eje delantero, lo que permite que sea una puerta de acceso amplia en medio del vehículo, con un mecanismo de apertura *outswing* (tipo vagón de metro), además de que cuenta con una rampa que se puede desplegar para el acceso de personas con alguna discapacidad física. Su batería de 88 kWh permite una autonomía de 200 km y una velocidad máxima de 70 km/h, limita-

da por *software* a 50 km/h. La recarga se realizará en una estación inteligente instalada por ENGIE en el Instituto de Ingeniería, con un techo solar de 32 m² y 5 kW, que permitirá compensar parte de la energía consumida y de las emisiones asociadas.

Posteriormente, este vehículo se pondrá en operación en alguna ruta que definirá la Semovi, con el objetivo de evaluarlo como una alternativa de movilidad barrial que sirva de medio de transporte masivo y para la movilidad intrazonal como un servicio de “último tramo” que fortalezca la conectividad de los viajes. En este proyecto también participa la empresa Potencia Industrial, S. A. de C. V., para dar el respaldo técnico y de servicio del vehículo.

9. Evaluación de la operación de vehículos eléctricos comerciales en servicios de taxi

La empresa ENGIE también ha traído a México cinco vehículos eléctricos de la marca Renault, modelo



Zoé, con el objetivo de evaluar su uso como taxi de aplicación, con la empresa DiDi, y como taxi de sitio, en colaboración con la Semovi y el Instituto de Ingeniería de la UNAM. En este último se han estado evaluando dos unidades desde hace más de seis meses para corroborar las especificaciones técnicas de los vehículos y resolver aspectos técnicos importantes para las estaciones de recarga, ya que su proceso de carga está apegado a la norma europea (IEC), por lo que se tuvo que hacer una instalación específica para la estación de carga tipo europea.

10. Evaluación de un autobús articulado eléctrico para Metrobús

Asimismo, la empresa ENGIE propuso implementar un proyecto piloto para evaluar un autobús articulado totalmente eléctrico en el Sistema de Corredores de Transporte Público de Pasajeros de la Ciudad de México Metrobús, en colaboración con la empresa ADO, concesionaria de la línea 3 de este sistema de transporte. El objetivo es demostrar la viabilidad técnica y económica de un vehículo 100% eléctrico de estas dimensiones, y al mismo tiempo disminuir al máximo el riesgo que implica una nueva tecnología en la operación, mantenimiento e infraestructura física y de recarga. La conjunción de gobierno, academia e industria –la llamada triple hélice para la investigación aplicada– es vital para solucionar los retos de la movilidad en las ciudades. Eso es lo que estamos haciendo juntos, de la mano con el Gobierno de la CDMX, el Instituto de Ingeniería de la UNAM y la empresa ENGIE.

¿Qué retos y pasos siguen?

Los proyectos de electromovilidad que se están implementando han dejado en claro que, a pesar de los altos costos de adquisición de los vehículos eléctricos, los bajos costos de operación y de mantenimiento, comparados con los de los vehículos de combustión interna, hacen que la electromovilidad ya sea técnica y financieramente viable para las implementaciones de alto recorrido, como el transporte público en todas sus modalidades.

La transición hacia la electromovilidad es todo un cambio de paradigma; los principales retos son disminuir los costos de adquisición y generar nuevos modelos de financiamiento para que la población pueda tener acceso a estas tecnologías. Es importante crear la infraestructura eléctrica necesaria para abastecer la demanda que tendrán todos estos vehículos. También se requieren diversas reformas y modificaciones al marco jurídico, tanto local como federal, para dar certidumbre a los vehículos eléctricos de fábrica y convertidos. Asimismo, es vital formar alianzas con la industria privada para considerar a la electromovilidad como una oportunidad desde la óptica de la eficiencia energética.

El grupo de trabajo de la Red de Electromovilidad de la Ciudad de México está conformado por: Valentín Bautista Camino, de Reliance de México, S. A. de C. V., con el proyecto “Desarrollo de un tren motriz eléctrico para autobús de 9 metros”; Germán Carmona Paredes, del Instituto de Ingeniería de la UNAM, con el proyecto “Desarrollo de sistemas para hibridar vehículos de combustión interna”; Felipe Gallego Llano, de Potencia Industrial, S. A. de C. V., con el proyecto “Programa de conversión de taxis de combustión interna a tracción eléctrica”; Fernando Ocaña Espinosa, de RZVA, S. C., e Iván Andrés Pérez Torres, de Crecer en Colectivo, S. C., ambos con el proyecto “Desarrollo de mototaxi para la Ciudad de México”; Arturo Palacio Pérez, del Instituto de Ingeniería de la UNAM, con el proyecto “Laboratorio de evaluación de tecnologías vehiculares”; Manuel Sandoval Ríos, con el proyecto “Mapa de ruta de electromovilidad de la Ciudad de México”; Jorge Suárez Velandia, de E-Mobility, ENGIE, con el proyecto “Evaluación de un minibús eléctrico de origen turco para 22 pasajeros”; así como Gerardo Cardoso Espín, René Salvador López Cabrera y José Bernardo Rosas Fernández, de la Sectei.

Germán Jorge Carmona Paredes

Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

gcarmonap@iingen.unam.mx

Eduardo Peñalosa Castro, Francisco Cervantes Pérez y Alma Xóchitl Herrera Márquez

Innovación educativa en el contexto de la revolución industrial 4.0

La innovación educativa propicia cambios radicales en las formas de aprender y de enseñar. En el contexto de la revolución industrial 4.0, la innovación fortalece su relación con la investigación e introduce el concepto de aprendizaje como resultado de los procesos de construcción de conocimiento derivados de la acción del aprendiz sobre su realidad social.

Innovación educativa

Los procesos de transición casi nunca son ordenados. Por el contrario, las transiciones son desordenadas e impredecibles, a menudo sorprendentes y sujetas a reveses; pueden llevar meses o incluso décadas para alcanzar un equilibrio medianamente estable. Por esta razón, las transiciones son la arena en donde se manifiesta una multiplicidad de tensiones con direcciones diversas y, frecuentemente, contradictorias. El actual periodo de transición nos obliga a imaginar nuevas formas de organización social que aseguren la sobrevivencia de la humanidad y del planeta, así como a innovar modelos económicos, políticos, sociales, educativos y culturales basados en el uso crítico del conocimiento y de la información, lo cual tiene un impacto directo en la educación superior.

En México las primeras propuestas de innovación educativa surgen en la década de 1970 con la creación de nuevas instituciones, el establecimiento de diversas formas de organización, el cuestionamiento a la estructura disciplinaria y academicista, la incorporación de modelos flexibles –tanto organizacionales como curriculares– y la integración de la tecnología educativa. En general, la innovación se conceptualiza como la introducción de nuevas ideas en un terreno en el cual éstas se refinan y se aplican. Por lo general, existe una serie de reglas que se pueden romper, parcial o totalmente, dependiendo de si la innovación es incremental o radical. La primera implica cambios en la forma de hacer las cosas, mientras que la segunda es una solución completamente novedosa a un problema.

Una innovación educativa es el proceso de introducción

voluntaria y duradera de una nueva práctica en el seno de una institución escolar, con la intención de responder con más eficacia y equidad a un problema percibido en el entorno o en la búsqueda de una utilización más eficiente de los recursos disponibles (Rivas, 2000).

Manuel Rivas (2000) asegura que una innovación educativa es una acción deliberada para incorporar algo nuevo en la institución escolar, y su resultado es un cambio eficiente en sus estructuras u operaciones, para mejorar los efectos hacia el logro de objetivos educativos. En este concepto se destaca la introducción de algo nuevo en los procedimientos que se realizan, lo cual es eficiente y está en sintonía con los objetivos educativos.

Por otra parte, Pedro Ortega y colaboradores (2007) señalan que las innovaciones siempre resultan de un intento por solucionar un problema, aspecto que conduce al establecimiento de un cambio,

que suele ser lento y que implica a un sinnúmero de actores de la institución educativa. También indican que, en función del tiempo que esto significa, es necesario que se realicen evaluaciones de los cambios que se van registrando en estos procesos, los cuales pueden llevar lustros o décadas. Por lo anterior, es preciso que se realicen evaluaciones continuas para mostrar las evidencias de que se está dando una transformación en el sentido que se planteó.

Arthur K. Ellis y John B. Bond (2016) coinciden al señalar que la innovación educativa se distingue por la introducción de algo nuevo –puede ser un método, un concepto o un producto– y en cualquiera de estos casos se procede a una serie de adaptaciones en los sistemas educativos, que pueden ser de cualquier nivel, desde primaria hasta universidad. Estos autores plantean que las innovaciones educativas más significativas han sido el tipo móvil (que dio lugar a la imprenta) y la computadora personal (con las implicaciones de internet y acceso a redes que ha tenido en los años recientes). En esto también coinciden con Juan Ignacio Pozo y María del Puy Pérez Echeverría (2009), quienes indican que las



innovaciones importantes han surgido en tres momentos tecnológicos definitorios para la forma de crear conocimiento: hace alrededor de 5 000 años, la escritura; hace 500 años, la imprenta; y hace aproximadamente 50 años, la informática.

A partir de lo anterior, se puede decir que innovar no es un estado ideal al que hay que llegar; más bien, innovar es un proceso multidireccional, multicausal, multicultural y multidimensional, con efectos no previsibles en las estructuras, funciones y personas involucradas. Por ello, tiene un impacto directo en el **ethos académico**.

Melchor Sánchez Mendiola y colaboradores (2018) identifican los retos importantes de la innovación educativa en México, entre los cuales resaltan la relativa falta de investigación en el tema, así como de formación docente, el entramado legal y administrativo, y también los problemas en aspectos éticos, financieros o de estrategias de evaluación. Destacamos que, en especial, no existe investigación suficiente en México que permita conocer cuáles son los mejores métodos educativos, o bien cómo hacer la evaluación de éstos. A continuación describimos algunos hallazgos de la investigación en el tema.

Investigación e innovación

En este campo de investigación reconocemos varias iniciativas de generación de conocimiento, entre las cuales destacan, en particular, tres grandes tipos (Ellis y Bond, 2016): la investigación básica, la investigación aplicada a la educación (que no necesariamente es instrumentada en los salones de clases) y la investigación práctica (que se sugiere y se pone en marcha en las aulas). La primera ha ayudado a esclarecer ciertos procesos de aprendizaje, como en el caso de los comportamientos o resultados cognitivos de los cuales se identifican los componentes y las condiciones en las que éstos surgen y se mantienen. Con el segundo tipo de investigación se han encontrado aplicaciones para grupos de alumnos. En el tercer caso, se plantean conocimientos que se generalizan y ponen en marcha en los salones de clases.

Un ejemplo de estas tres etapas lo encontramos en la educación a distancia, la cual condujo al desarrollo de una teoría, por decir, del estudio independiente; después esto se aplicó, en su momento, a la educación por correspondencia, con resultados alentadores; más adelante se generalizó su uso en el mundo, y la educación a distancia por correspondencia se volvió un estándar en los años sesenta del siglo XX, fue algo innovador en su tiempo y tuvo un correlato en la investigación de aquellos años.

De esta manera, podemos decir que existe cierto tipo de innovación educativa que se deriva de la investigación, aunque no toda la innovación se basa en ella. Podemos encontrar investigaciones cuantitativas o cualitativas que permiten generar conocimiento para conducir a innovaciones. Ejemplo de las primeras son los estudios de metaanálisis en los cuales se comparan usualmente métodos o productos, con diferencias entre su aplicación en muestras de alumnos, donde el resultado se mide de acuerdo con el efecto que puede tener la aplicación de uno de estos procesos sobre el otro. Al respecto, Arthur K. Ellis y John B. Bond (2016) han indicado que el tamaño del efecto se mide en **desviaciones estándar**, en las que una diferencia de 0.4 puede ser muy buena. Respecto del análisis de sus fortalezas, enfatizan que es posible tener hipótesis y luego comprobarlas, además de que se pueden realizar generalizaciones para diferentes poblaciones; no obstante, también mencionan las debilidades, como que el investigador podría ignorar algunos fenómenos que no forman parte de lo que se plantea observar. Por otro lado, en cuanto a lo cualitativo, los resultados permitirían tener una explicación a profundidad de los fenómenos observados, y no solamente una descripción, como en el primer caso; respecto a sus debilidades, debemos decir que no siempre es posible realizar generalizaciones del conocimiento generado.

Tenemos entonces que la innovación puede derivarse de la investigación y que esta última es una de las fuentes más relevantes para la construcción de aplicaciones innovadoras, ya sea con base en datos cuantitativos, cualitativos o de ambos tipos, pero siempre partiendo de que existe una nueva forma de ver un proceso y se propone una nueva mane-

Ethos académico

Conjunto de datos y modos de comportamiento que confirman el carácter distintivo, o identidad, de una comunidad académica. (A partir de la definición del diccionario Merriam Webster.)

Desviaciones estándar

Índice matemático para medir el grado de dispersión de un conjunto de datos, con respecto al valor de su media.



ra de generar conocimiento al respecto. De hecho, la investigación realizada por quienes se dedican a la docencia podría cumplir con los estándares que exigen las revistas indizadas y revisadas por pares. Pedro Morales (2010) indica que los docentes podrían ser investigadores educativos y que sus resultados permitirían mejorar el aprendizaje de los estudiantes. De hecho, presenta evidencias como las estrategias de enseñanza, soluciones para contender con deficiencias en la atención sostenida por los alumnos en clase, el papel de la retroalimentación en el desempeño de los estudiantes, el impacto en el aprendizaje del método basado en problemas, la autoeficacia de los alumnos, el enfoque profundo del aprendizaje, la ansiedad en el alumnado, la importancia de la estructura de las evaluaciones, por mencionar algunas.

Pedro Morales (2010) sigue la idea de Ernest L. Boyer (1990), quien plantea que los docentes deberían realizar y reportar investigaciones, en lo que se denomina la “academia de enseñar”. Los profesores serían entonces quienes tuvieran las mejores prácticas y las hipótesis relacionadas con las mejores formas de enseñar; de esta manera, podrían compartir –con las bases metodológicas adecuadas– los conocimientos acerca de la enseñanza de los temas que imparten, para propiciar la difusión de una gran

parte del conocimiento acerca del aprendizaje en el nivel superior. La participación a partir de la escritura de artículos y libros permitiría contar con una base de conocimiento del segundo tipo que plantean Arthur K. Ellis y John B. Bond (2016), y si bien no se trataría de trabajos que partieran de un diseño estricto de investigación, serían relevantes y constituirían una base importante de conocimientos respecto de la enseñanza y el aprendizaje orientados a la innovación.

Más recientemente, ha emergido un campo denominado ingeniería del aprendizaje, una forma de optimización educativa impulsada por la analítica de datos, con investigación basada en el diseño y la experimentación acelerada a gran escala. La educación en línea y los nuevos esquemas (por ejemplo, MOOC: cursos masivos abiertos en línea) contemplan un gran número de cursos ofrecidos a un número masivo de estudiantes y permiten monitorear el desempeño tanto de estos últimos como de sus profesores, así como sus interacciones, además de conocer el uso e impacto de los materiales y recursos educativos digitales, no sólo en un curso y tiempo específico, sino a lo largo de un periodo lectivo e incluso de un programa completo. En este campo, Chris Dede y colaboradores (2019) presentan una agenda para



Figura 1. Esquema colaborativo de “malla abierta” entre educación y tecnología.

Revolución industrial 4.0

Combinación de los mundos biológico, físico y digital, que implica capacidades completamente nuevas para las personas y máquinas; esto significa que hay nuevas formas en las que la tecnología se integra en las sociedades e, incluso, en nuestros propios cuerpos humanos (a partir de la definición del Foro Económico Mundial).

la investigación enfocada a la educación superior en modalidades híbridas y en línea; el énfasis lo ponen en una investigación aplicada que genere innovaciones prácticas:

Esencialmente, nos gustaría trabajar más en lo que ha sido llamado el cuadrante de Pasteur (Stokes, 1997) —el lugar donde los problemas tienen alto valor práctico y alto valor de investigación—, mientras que al mismo tiempo se reconoce el trabajo con un valor principalmente práctico (por ejemplo, mejorar la eficiencia de la instrucción) (Dede y cols., 2019).¹

Elementos para la innovación en la educación

La sociedad se está transformando de manera acelerada debido a los cambios que están provocando la **revolución industrial 4.0** (WEF, 2016) y la pandemia de COVID-19, por lo que la transformación digital de las instituciones educativas resulta ser un elemento clave para que la innovación educativa cumpla su cometido. En otras palabras, para avanzar hacia el momento en que la educación se convierta en un bien común global, es necesario que la transformación digital de las instituciones tenga un propósito inclusivo —aumentar la capacidad de absorción— e incluyente —dar a cada estudiante las condiciones requeridas para que complete con éxito

sus estudios—. Las tecnologías digitales tienen el potencial para disminuir muchas desigualdades sociales y mejorar el desarrollo humano, siempre y cuando los gobiernos, las empresas, la sociedad civil y la academia trabajen juntos para cerrar la brecha entre quienes tienen acceso a estas tecnologías y quienes no lo tienen.

A partir de la investigación realizada en los últimos años, es posible plantear la posibilidad de un cambio en la actividad tradicional del salón de clases; por ejemplo, un salón que incorpore los hallazgos en torno a la oportunidad de trabajar con grupos más grandes, así como otros resultados acerca de las actividades de investigación, como la instalación de computadoras en el salón de clases, podría cambiar a salones grandes con mesas en las cuales se tuviera una computadora al centro, una pantalla que todos pudieran revisar, y tal vez varios dispositivos de entrada que permitieran realizar la investigación requerida para la solución de un problema, caso, dilema, pregunta o proyecto planteado por el profesor del grupo. Es importante notar que la investigación educativa podría arrojar diversos elementos para modificar la estructura tradicional de la educación y, en esta medida, ofrecer mayores posibilidades para incrementar la cobertura y la persistencia del alumnado, todo ello con base en un esquema de costos más accesible que el tradicional.

En un inicio, la colaboración entre educación y tecnología se llevó a cabo en un esquema de “malla abierta” (véase la Figura 1). Algunos desarrollos de

¹ Traducción nuestra.

innovación tecnológica fueron puestos a disposición de la comunidad que trabaja en áreas de educación con el fin de que las incorporaran en las actividades y formas que consideraran pertinentes. En la actualidad, en la colaboración entre educación y tecnología seguimos un enfoque tricíclico (ciclo de ciclos) de “malla cerrada” (véase la Figura 2). Tanto en la educación como en la tecnología se han establecido ciclos de interacción entre varias de sus disciplinas, por ejemplo, entre pedagogía y psicología para el estudio de los procesos de enseñanza-aprendizaje; entre neurociencias y psicología para investigar las bases neurobiológicas de la memoria y el aprendizaje; entre electrónica y ciencias de la computación para desarrollar *hardware* y *software* para las nuevas computadoras, así como autómatas; o bien entre telecomunicaciones e informática para desarrollar redes con la *World Wide Web*. A partir de estos ciclos, las innovaciones educativas generadas desde la educación plantean diversos retos a las disciplinas involucradas en el campo de las tecnologías para el desarrollo de plataformas, equipos y dispositivos que hagan posible la implantación de esas innovaciones que en algunos casos serían impensables sin el uso apropiado de las tecnologías (por ejemplo, ofrecer

cursos a un número masivo de aprendices de manera concurrente). Además, diversos estudios han demostrado que es posible, dependiendo del dominio de conocimiento, contar con grupos más grandes sin detrimento de la calidad educativa, vista esta última como el aprendizaje profundo de los alumnos y la sensación de acompañamiento.

De este balance se desprende una importante reflexión: el entorno virtual puede ser un punto de encuentro de intereses académicos y sociales mutuos para favorecer la escucha activa de voces que provienen de otras latitudes y sectores sociales, con lo cual se asegure el reconocimiento de la presencia mutua. También puede ser un espacio de creatividad e indagación, de escucha y de habla, de alfabetización digital y comprensión crítica de los nuevos medios y las tecnologías electrónicas, así como de su nuevo y poderoso papel como instrumentos de la **pedagogía digital crítica**.

Es importante señalar que, para la pedagogía digital crítica, las tecnologías, las redes sociales, las plataformas o los cursos masivos en línea que estimulan la conformación de comunidades colaborativas no tienen sus valores codificados de antemano, son simplemente herramientas. Desde esta perspectiva,

Pedagogía digital crítica

Enfoque de los procesos de enseñanza-aprendizaje en ambientes digitales, que busca fomentar la capacidad de acción y empoderamiento de los estudiantes (al criticar implícita y explícitamente las estructuras de poder opresivas). A partir de la definición del sitio *Hybrid Pedagogy*.

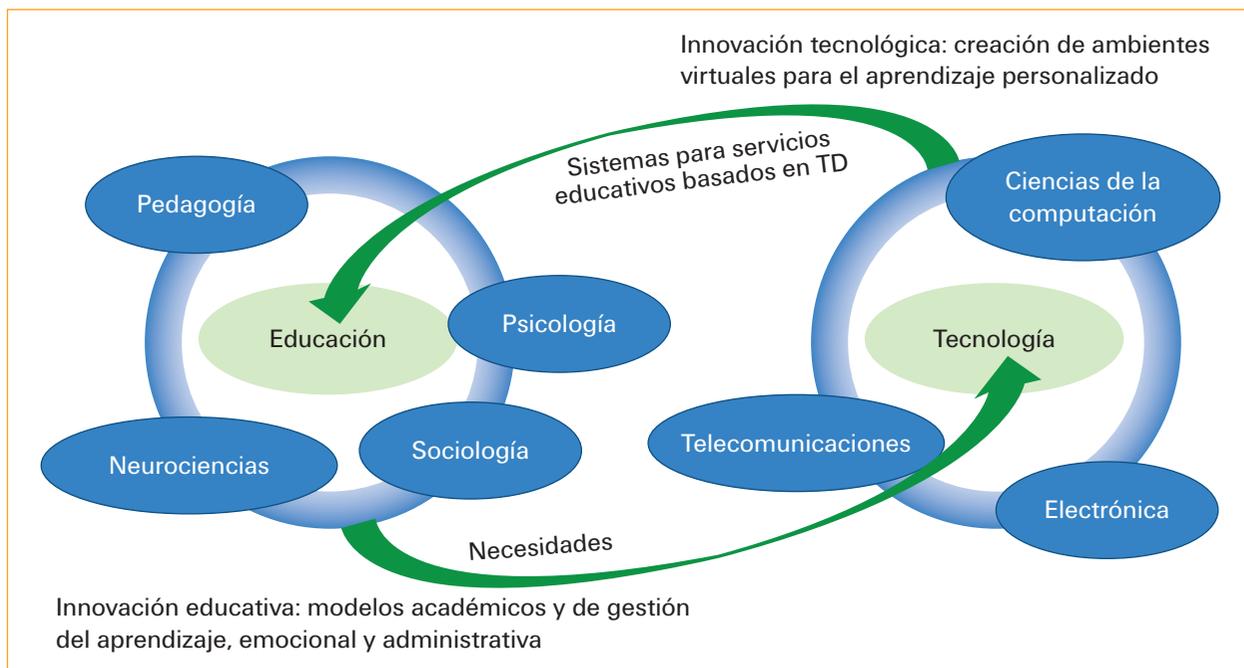


Figura 2. Esquema colaborativo de “malla cerrada” entre educación y tecnología.

somos mejores usuarios de la tecnología cuando pensamos de manera crítica acerca de su naturaleza y efectos. Los docentes deben alentar a sus estudiantes, y a sí mismos, para pensar críticamente sobre las nuevas herramientas tecnológicas. Cuando en la educación se buscan soluciones a la calidad, lo que se requiere cambiar es el pensamiento y no las herramientas. De acuerdo con Pete Rorabaugh (2012), los espacios de aprendizaje, tanto físicos como digitales, requieren que practiquemos una política de enseñanza que supere las relaciones jerárquicas entre docentes y estudiantes, pues éstas impiden el aprendizaje; cabe agregar que dicha política no está reñida con el reconocimiento del aprendizaje personal y diferenciado. En este sentido, la tecnología puede proporcionar las mismas oportunidades. Como sociedad, estamos experimentando una ampliación en el acceso a la educación, de la misma forma que ocurrió con la imprenta o la escuela pública. Pero no basta con asegurar el acceso, sino que es necesario garantizar la apropiación de las capacidades digitales, que hagan posible su uso crítico.

La pedagogía digital crítica es en esencia dialógica, reflexiva y colaborativa, pues encuentra su ímpetu propulsando el cambio, centra su práctica en la comunidad, permanece abierta a diversas voces y reimagina las formas en que la comunicación y la colaboración superan los límites culturales y políticos; asimismo, tiene lugar fuera de las instituciones educativas tradicionales, y sobre todo impulsa entornos educativos abiertos y en red (no repositorios de contenido), en los que las plataformas llevan a los estudiantes y maestros a constituirse en agentes –o directores– de su propio aprendizaje (Stommel, 2014). Es importante hacer énfasis en que la innovación educativa debe contribuir a que la educación continúe siendo el mejor vehículo para lograr la equidad en el desarrollo humano de todos los sectores de la sociedad, incluidos los grupos vulnerados y muchas veces olvidados (por ejemplo, personas con discapacidad o que vivan en zonas de alta marginación, áreas rurales y pueblos originarios).

Las tecnologías digitales están modificando los escenarios educativos, a sus participantes, los formatos, recursos didácticos y las modalidades de organi-



zación en el tiempo y en el espacio; a su vez, están favoreciendo la emergencia de modelos híbridos de enseñanza y aprendizaje que dan un alto valor formativo a la experiencia cara a cara. En este marco, las prácticas educativas abiertas que sintetizan las tecnologías digitales con la pedagogía digital crítica deberán impulsar:

1. El diseño de modelos pedagógicos que promuevan el aprendizaje creador y la autonomía del estudiantado, entendida esta última como la capacidad de formular juicios y decisiones que son necesarios para actuar con independencia y libertad personal.
2. La reorganización de una experiencia educativa que estimule el pensamiento crítico, la creatividad, el trabajo en equipo y las habilidades para la toma de decisiones, al tiempo que se van multiplicando los ambientes de aprendizaje, tanto físicos como virtuales.
3. La extensión de los beneficios de la educación, con una firme responsabilidad social al ofrecer el acceso libre a cursos en línea de código abierto; esto, a su vez, potenciará dos aspectos nodales para el siglo XXI: el desarrollo y apropiación de competencias digitales y el desarrollo de habilidades complejas de pensamiento para la autogestión del aprendizaje.

Es importante señalar que si nuestro objetivo es educar a tantos estudiantes como sea posible y lo mejor posible, entonces estamos viviendo el final

de la universidad tal como la conocemos y, en ese sentido, este momento es una gran oportunidad. Las profundas transformaciones que se están presentando en la educación superior son verdaderos tsunamis de cambio que trastocan los modelos educativos clásicos, por lo que en este marco es imprescindible identificar y explorar diversos aspectos relacionados con el incremento de la penetrabilidad de la cultura digital y el mundo virtual, lo cual se pone de manifiesto mediante un aumento de la disponibilidad de tecnologías multimedia en pequeños dispositivos digitales. Dada la realidad de la cultura digital, es urgente enfrentar los desafíos que presenta la multiliteracidad hacia la enseñanza y el aprendizaje en los nuevos escenarios educativos del siglo XXI, con perspectivas vinculadas a la pedagogía digital crítica.

Por último, cabe destacar que el uso adecuado de las tecnologías digitales está transformando la educación superior, ya que ha incrementado el acceso no sólo de la población en edad de estudios universitarios, sino también de aquéllos que, en su momento, por diversas razones, no pudieron ingresar a este nivel educativo (rezago). Además, ha aumentado la capacidad de las instituciones para ofrecer educación a lo largo de la vida para quienes buscan actualizarse o adquirir nuevas habilidades o competencias.

Eduardo Peñalosa Castro

Universidad Autónoma Metropolitana.
eduardo.penalosa@gmail.com

Francisco Cervantes Pérez

Universidad Internacional de La Rioja en México.
francisco.cervantesperez@unir.net

Alma Xóchitl Herrera Márquez

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México e Instituto de Estudios Superiores de la Ciudad de México "Rosario Castellanos".
herrera Marquezalma57@gmail.com

Referencias específicas

- Boyer, E. L. (1990), *Scholarship Reconsidered: Priorities of the Professoriate*, Princeton, Nueva Jersey, Princeton University Press-The Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching.
- Dede, C., J. Richards y B. Saxberg (2019), *Learning Engineering for On-line Education*, Nueva York y Londres, Routledge, Taylor and Francis Group.
- Ellis, A. K. y J. B. Bond (2016), *Research in Educational Innovations*, Nueva York, Routledge.
- Morales, P. (2010), "Innovación e investigación educativa", *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 8 (2): 47-73.
- Ortega, P., M. Ramírez, J. Torres, A. López, C. Yacapanli, L. Suárez y B. Ruiz (2007), "Modelo de innovación educativa. Un marco para la formación y el desarrollo de la cultura de la innovación", *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 10 (1): 145-173.
- Pozo, J. I. y M. P. Pérez Echeverría (2009), *Psicología del aprendizaje universitario: la formación en competencias*, Madrid, Ediciones Morata.
- Rivas, M. (2000), *Innovación educativa: teoría, procesos y estrategias*, Madrid, Síntesis.
- Rorabaugh, P. (2012), "Occupy the Digital: Critical Pedagogy and New Media", *Hybrid Pedagogy*. Disponible en: <<http://hybridpedagogy.org/occupy-the-digital-critical-pedagogy-and-new-media/>>, consultado el 26 de noviembre de 2020.
- Sánchez-Mendiola, M., J. Escamilla y M. Sánchez-Saldaña (2018), "¿Qué es la innovación en educación superior? Reflexiones académicas sobre la innovación educativa", en M. Sánchez-Mendiola y J. Escamilla, *Perspectivas de la innovación educativa en universidades de México: experiencias y reflexiones desde la RIE 360* (pp. 19-42), México, Imagia Comunicación.
- Stommel, J. (2014), "Critical digital pedagogy: a definition", *Hybrid Pedagogy*. Disponible en: <<https://hybridpedagogy.org/critical-digital-pedagogy-definition/>>, consultado el 26 de noviembre de 2020.
- World Economic Forum (2016), "La Cuarta Revolución Industrial | Versión completa", *YouTube*. Disponible en: <<https://www.youtube.com/watch?v=-OiaE6l8ysg>>, consultado el 26 de noviembre de 2020.

Brenda Valderrama y Parsifal Islas



Contribuciones de la ciencia a la **diplomacia**

La diplomacia de la ciencia es un campo emergente que conecta a especialistas en ciencia y tecnología con autoridades gubernamentales para entender y ayudar a resolver los grandes problemas globales. La Cátedra de Diplomacia y Patrimonio de la Ciencia de la RED ECOS presenta una revisión actual y recomienda profesionalizar e institucionalizar la participación científica en la política exterior mexicana.

Introducción

La ciencia y la tecnología proveen soluciones y conocimientos esenciales para enfrentar los retos de la humanidad. La complejidad de estos desafíos obliga a contar con conocimientos científicos y avances tecnológicos que se puedan aprovechar en la política pública, la cooperación para el desarrollo y el **multilateralismo**. En el ámbito de las

relaciones internacionales, la ciencia es un instrumento del llamado “poder suave” o “poder blando”, un término acuñado por el diplomático Joseph Nye para referirse a las acciones que a través de valores culturales complementen la labor diplomática tradicional. En este caso, la diplomacia de la ciencia es un tipo de poder suave accionado por actores políticos tradicionales y no tradicionales en el ámbito de los intereses de un país a nivel internacional. Asimismo, la diplomacia de la ciencia estudia este fenómeno, mientras que, en la práctica, busca impulsar la interlocución cotidiana entre científicos, legisladores, gobernantes y diplomáticos para entender y solucionar los retos globales; y, sobre todo, para sumar voluntades hacia el consenso mundial. Por lo tanto, la diplomacia de la ciencia es crucial en

Multilateralismo

Acción en conjunto de varios países sobre una cuestión en particular.



el desarrollo de democracias más incluyentes, con igualdad de oportunidades para todas las personas.

En México, el desarrollo de la diplomacia de la ciencia ha buscado:

- Alcanzar un consenso de los intereses nacionales en ciencia, tecnología e innovación (CTI).
- Generar capacidad institucional para diseñar y ejecutar políticas públicas basadas en conocimientos científicos.
- Usar a la ciencia como una marca del país ante el mundo para atraer inversiones y grandes proyectos de desarrollo.
- Promover el liderazgo regional e internacional de México por la vía del multilateralismo y la cooperación científica para el desarrollo.
- Fortalecer el poder suave de México en los organismos multilaterales.

■ **Ciencia para la diplomacia: participar en la coyuntura global**

■ Para los países en vías de desarrollo, la mayor capacidad de negociación internacional y defensa de los intereses nacionales se desarrolla en el ámbito multilateral. Históricamente, el multilateralismo mexicano ha sido sumamente relevante en instrumentos tan importantes como el Acuerdo de París y el Tratado de Tlatelolco, obtenidos gracias a la colaboración entre diplomáticos y científicos. En el siglo XXI, la ciencia y el multilateralismo conforman un escenario crucial y complejo: los actores negociantes en los organismos internacionales se han diversificado en extremo, mientras que la participación de la sociedad civil, los conglomerados transnacionales y las organizaciones académicas en los organismos internacionales han generado un tránsito de la diplomacia tradicional hacia una nueva realidad de diplomacia pública descentralizada.

Para la diplomacia de la ciencia, la ciencia no es únicamente información, sino que está conformada por un conjunto de actores políticos que enriquecen las negociaciones entre la sociedad civil, la academia y los gobiernos. Las sociedades y redes científicas tienen una fuerte tradición internacional y de

fortalecimiento de las relaciones entre los países. En la coyuntura actual, la participación de conglomerados científicos en la diplomacia resulta esencial para afrontar la nueva realidad del multilateralismo y la cooperación para el desarrollo.

■ **Fortalecer el liderazgo internacional de México**

■ La pérdida de liderazgo internacional por parte de nuestro país tiene que ver con el debilitamiento de los organismos multilaterales. Para México, el poder suave de la diplomacia de la ciencia (véase la Figura 1), mediante la cooperación para el desarrollo y la diplomacia de la ciencia y la cultura, permite sumar voluntades y suscribir importantes acuerdos para hacer contrapeso a las medidas unilaterales que vulneran el orden mundial. En un ambiente de actores políticos internacionales que se ha diversificado y requiere de una capacidad de negociación y organización interdisciplinaria, no basta con privilegiar la promoción económica y turística del país, sino que también se debe apostar por la diversificación de nuestras capacidades diplomáticas para liderar temas específicos de la agenda multilateral.

Entonces, resultaría necesario entender a la ciencia como un eje fundamental de la cooperación para el desarrollo reconocida en el artículo 89, fracción X, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Además, sería prudente reformar la Ley



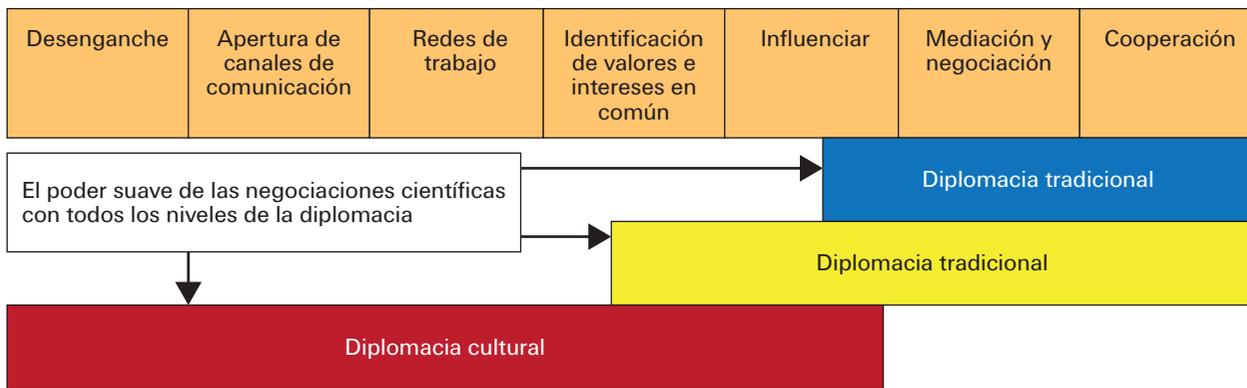


Figura 1. El poder suave de la ciencia. Modificado de: The Royal Society y American Association for the Advancement of Science (2010b).

del Servicio Exterior Mexicano, para urgir a la formación y el empleo de profesionales de la diplomacia de la ciencia que vayan de la mano con las instituciones científicas nacionales e internacionales, de la misma forma como lo han hecho Estados Unidos de América, Reino Unido y Panamá.

Las grandes investigaciones requieren del trabajo coordinado de equipos, así como de coinversiones multinacionales con las cuales solventar la mayor infraestructura científica de la historia. La participación de una nación en la ciencia y la tecnología que se produce en el ámbito internacional le otorga derecho a usufructuar sus tecnologías y liderar investigaciones; verbigracia, asegurar la soberanía tecnológica, la capacidad de investigación y el poder suave a partir del capital científico nacional. La diplomacia que promueve el desarrollo científico nacional no solamente pretende obtener mayores recursos financieros para los organismos de investigación, sino fortalecer a nuestras instituciones en todos los niveles.

México ha rezagado su desarrollo científico (inversión, instituciones, megaproyectos, innovación y vinculación industrial) en comparación con otros miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Por ejemplo, los socios de México en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), sustituido en 2020 por el Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (TMEC), realizan inversiones por arriba del 1% de su producto interno bruto (PIB): en 2014 la inversión fue de 2.7% en Estados Unidos de América y de 1.6% en Canadá. Asimismo, México está por deba-

jo del promedio latinoamericano (0.64%) y, más aún, de su propio mandato constitucional, que contempla el 1% del PIB. Adicionalmente, desde 1971 la política del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) se ha concentrado en la calidad de la investigación científica y la formación de recursos humanos de alta especialidad. El gobierno de México ha becado a más de 400 000 científicos e ingenieros, pero nada más la mitad se ha integrado a la fuerza de trabajo nacional. La masa crítica de mexicanos altamente calificados es una fortaleza internacional de México que no es aprovechada, lo cual genera una pérdida anual superior a los 1 500 millones de pesos.

Estado de la diplomacia de la ciencia en México

México cuenta con más de 114 tratados de cooperación científica o intelectual que no han sido aprovechados a plenitud. Las acciones internacionales en Conacyt se han limitado a 12 países a lo largo de las últimas décadas. En cambio, desde otras instituciones, como la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo, la Red Global de Talentos y los gobiernos estatales, se ha buscado crear la arquitectura institucional necesaria para aprovechar los acuerdos internacionales en CTI e incrementar las relaciones con economías emergentes similares a México (véase la Figura 2).

Muchos países han establecido programas y puestos gubernamentales en diplomacia de la ciencia ante la coyuntura internacional. Por ejemplo, la

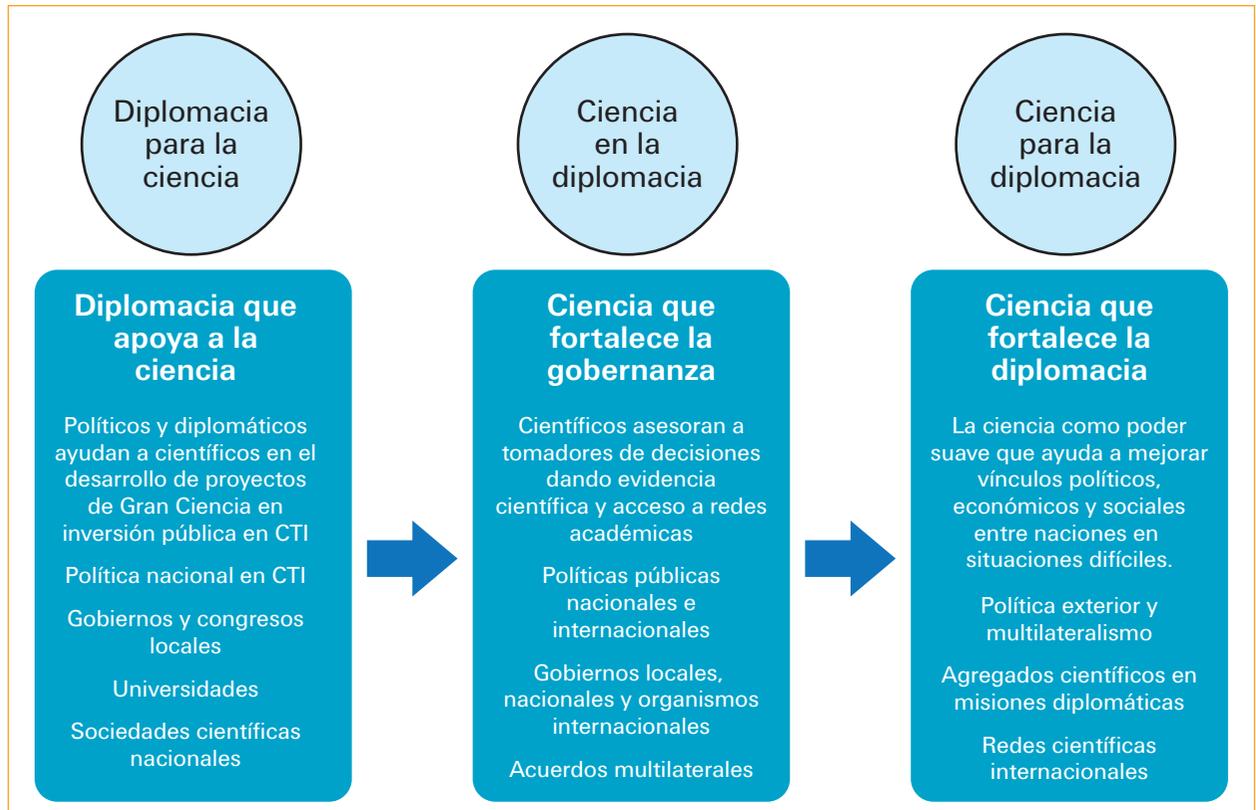


Figura 2. Ejes de acción de la diplomacia de la ciencia.

Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS, por sus siglas en inglés) creó el Centro para la Diplomacia de la Ciencia, con la finalidad de formar profesionistas que vinculen a los Estados Unidos de América con otras naciones mediante la investigación científica. La AAAS y la Academia Mundial de Ciencias (TWAS, por sus siglas en inglés), la Real Sociedad (The Royal Society) en Reino Unido, la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo y la Agencia de Cooperación Internacional (GIZ, por sus siglas en alemán) en Alemania han organizado eventos de diplomacia de la ciencia desde 2012. En América Latina, Panamá reformó su Constitución y su Ley de Servicio Exterior para incorporar agregados científicos a sus embajadas.

Con esto en mente, la diplomacia de la ciencia en México debe volverse un recurso a disposición de las instituciones. Esto implica la formación y el despliegue de personal científico y diplomático de carrera, que hagan de estas materias el ejercicio de la política exterior y la cooperación para el desarrollo.

Actualmente, el país cuenta sólo con tres agregados en CTI ante los organismos internacionales.

■ ■ ■ La diplomacia de la ciencia ante las crisis globales

■ Los grandes retos a los que se enfrenta la humanidad, como el cambio climático antropogénico y la pandemia de COVID-19, presentan características comunes. Ambos son crisis globales, no existe inmunidad individual ni de grupo, no hay manera de evitar un impacto en la economía y, de no atenderse de manera oportuna, comprometerán el desarrollo de las siguientes generaciones.

Por su naturaleza global, la atención al problema del cambio climático requiere del concurso de todas las naciones. Para coordinar esta labor, en 1988 se creó el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), cuya función es analizar, de forma exhaustiva, objetiva, abierta y transparente, la información científica,

técnica y socioeconómica relevante para entender los elementos científicos del riesgo que supone el cambio climático provocado por las actividades humanas, sus posibles repercusiones y las oportunidades de adaptación y atenuación. En la 21.^a Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, realizada en París en 2015, se alcanzó un acuerdo histórico con el objetivo de combatir el cambio climático y acelerar e intensificar las acciones y las inversiones necesarias para un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono. Tras la firma, otras naciones se han unido a este acuerdo, que actualmente cuenta con 195 países.

El Acuerdo de París es el instrumento multilateral no relacionado con temas bélicos más relevante que se haya construido jamás. Su objetivo principal es reforzar la respuesta mundial ante la amenaza del cambio climático; para ello, se busca mantener el aumento de la temperatura global en este siglo por debajo de los 2 °C con respecto a los niveles preindustriales y proseguir con los esfuerzos para limitar aún más el aumento de la temperatura a 1.5 °C, de acuerdo con la información proporcionada por el IPCC.

Durante las negociaciones del Acuerdo de París, México adoptó las posiciones tanto de países europeos como de los latinoamericanos, e incluyó matices para que fueran mejor vistos por las partes. Un papel destacable de la actuación de las delegaciones mexicanas fue el de “facilitador” en sesiones en que se discutieron temas muy controvertidos. Esta tarea fue posible gracias a la experiencia y habilidad de los delegados, miembros de la cancillería y participantes en distintos foros multilaterales, así como por el buen nivel de conocimiento técnico de los representantes de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), cualidades que reconocieron las delegaciones de otros países.

Un tema en el que México fue particularmente insistente es el de la inclusión de los **gases de vida corta**. Dado que no están contemplados en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y ningún país miembro desea la apertura de ésta, México, junto con Chile, Bélgica y Kenia, procuró otros caminos para su inclusión. Se optó por

Recuadro 1. Cátedra de Diplomacia y Patrimonio de la Ciencia de la Ciudad de México

El ecosistema emergente de diplomacia de la ciencia en México y América Latina representa tanto un objeto de estudio como un área de formación profesional en desarrollo. México cuenta con más de 114 tratados de cooperación científica, cuya implementación requiere de profesionales en diplomacia de la ciencia al servicio del Estado para conectar estratégicamente a la academia, el gobierno, la sociedad civil y las instituciones y misiones diplomáticas.

En este sentido, la Cátedra de Diplomacia y Patrimonio de la Ciencia, en el marco de la RED ECOS de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México, tiene como objetivo formar un espacio de investigación, análisis, capacitación, colaboración y gestión de proyectos con impacto en las políticas públicas de México y América Latina, en tres áreas principales: 1) políticas públicas y diplomacia orientadas por el conocimiento científico; 2) ciencia como eje transversal en la Agenda 2030; y 3) patrimonio científico de la Ciudad de México. En la Cátedra convergen la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Mora, el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Secretaría de Relaciones Exteriores, mediante la participación de su personal académico y funcionarios públicos. Las actividades de este programa son encabezadas por Ana María Cetto, de la UNAM, y Marga Gual Soler, de España. Con miras a una proyección nacional y regional, la Cátedra ha establecido alianzas estratégicas con socios internacionales, como la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco), para promover el derecho humano a la ciencia.

recurrir al IPCC, a fin de que éste buscara formas para incluir a los gases de vida corta, sin tratar de homogeneizar su contabilización con la de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), que sí están incluidos en la Convención. Gracias a estos compromisos, entre 2012 y 2018 se canalizaron 2 000 millones de pesos para el desarrollo de investigaciones científicas y para la innovación en energía renovables; igualmente, se destinaron recursos para la formación de más de 3 000 becarios de posgrado en programas altamente calificados que se relacionan con todos los aspectos de la nueva industria energética.

Por otro lado, más recientemente, la crisis sanitaria generada por el brote de COVID-19 a finales de

Gases de vida corta

Contaminantes como el metano y los clorofluorocarbonos que tienen una duración menor que el dióxido de carbono en la atmósfera.

Sincrotrón

✓ Acelerador circular de partículas que produce la llamada radiación sincrotrónica, que tiene diversas aplicaciones, como el análisis de materiales y de la estructura de proteínas, entre otras.

Recuadro 2. Caso de estudio: el proyecto del sincrotrón mexicano

De las 15 economías más fuertes del mundo, México es la única que no cuenta con un **sincrotrón**, a pesar de tener una red de más de 100 laboratorios y empresas que utilizan esta infraestructura. La dependencia tecnológica ante la falta de un sincrotrón le cuesta a México 50 millones de dólares al año. En el caso del sector salud, los sincrotrones permiten entender las interacciones moleculares necesarias en

el diseño de medicamentos y vacunas, como la requerida para prevenir COVID-19. Este mercado tiene un valor de 1 000 millones de dólares. Con un costo de 500 millones de dólares, el sincrotrón mexicano es un gran proyecto de cooperación para el desarrollo y de diplomacia de la ciencia, pues requiere el consenso en todos los ámbitos de la sociedad, el gobierno, los países y las redes internacionales.

2019 despertó de nuevo la solidaridad internacional. La creciente globalización de la economía ha reducido las barreras para el movimiento de personas y mercancías, lo cual acorta los tiempos de traslado y facilita la conectividad. Desde la notificación del paciente cero en la ciudad de Wuhan en China y hasta el registro del primer caso fuera de sus fronteras pasaron solamente 14 días. Para ese momento ya había sesionado el Comité de Emergencias de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y declarado el brote de lo que posteriormente se llamó COVID-19 (*coronavirus disease 2019*) como una emergencia de salud pública de interés mundial. A partir de entonces se detonaron los mecanismos internacionales de prevención ante la inminente dispersión del brote más allá de las fronteras chinas.

Sin embargo, las características particulares de la infección, que incluyen un alto porcentaje de casos asintomáticos, impidieron que las medidas preventivas recomendadas por la OMS pudieran contener la dispersión del contagio. Para el 30 de enero de 2020 ya había evidencia de casos positivos en 18 países, además de China. El 11 de marzo, el brote de COVID-19 fue declarado por la OMS como pandemia, al cumplir la condición de encontrarse evidencia en todos los continentes.

En particular, la experiencia de Italia durante el brote epidemiológico detonó una preocupación adicional ante la posibilidad del colapso del sistema de salud de un país por el número de casos de COVID-19 que requieren hospitalización en unidades de tera-

pia intensiva, así como la asistencia de respiradores. Estos equipos médicos son sofisticados y solamente se producen en naciones con alto nivel de desarrollo tecnológico. Su escasez llevó a México a promover ante el Grupo de los 20 (G20) un punto de acuerdo para solicitar que se asegure que los países como el nuestro, que no cuentan con una producción local de ventiladores, no sean sujetos de procesos amañados o especulación que evite su obtención. Esta iniciativa fue desarrollada más adelante con el liderazgo de nuestra representación ante la Organización de las Naciones Unidas, y con el apoyo de 179 países se materializó en la resolución 74/274, aprobada en la sesión plenaria del 20 de abril de 2020. Entre los acuerdos de la resolución se encuentra el siguiente:



Se alienta a los Estados Miembros a trabajar en colaboración con otros actores relevantes con el fin de incrementar el financiamiento a las actividades de investigación y desarrollo de vacunas y medicamentos, a la apropiación de tecnologías digitales, y a fortalecer la cooperación científica internacional necesaria para combatir COVID-19 y para promover la coordinación, incluyendo el sector privado, para el rápido desarrollo, manufactura y distribución de diagnósticos, medicinas antivirales, equipo de protección personal, adhiriendo a los objetivos de eficacia, seguridad, equidad, disponibilidad y precio justo (ONU, A/RES/74/274, 2020).

Conclusiones

Para México, la diplomacia de la ciencia debiera ser parte inherente de la política nacional en CTI, como acción necesaria para que se puedan implementar acuerdos internacionales y se llegue a consolidar el liderazgo del país en los organismos multilaterales. Las acciones de la diplomacia de la ciencia deben sumarse a la estrategia nacional de CTI y de cooperación para el desarrollo. Para asegurar su impacto,

se debe contar con reglamentos específicos que consideren la participación de profesionales de la ciencia en los cuerpos políticos y diplomáticos. Para extender y fortalecer la capacidad de acción de la diplomacia de la ciencia, será necesario promover y fomentar la formación de especialistas que se inserten en el servicio público e instituciones gubernamentales como auxiliares para la definición de la diplomacia de la ciencia en la atención de los grandes retos de la humanidad.

Brenda Valderrama Blanco

Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México y Cátedra de Diplomacia y Patrimonio de la Ciencia.

brenda@ibt.unam.mx

Parsifal Islas Morales

Cátedra de Diplomacia y Patrimonio de la Ciencia de la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México.

pislas@ciencias.unam.mx

Referencias específicas

- Cruz-Sandoval, L. (2014), "Una nueva ola para la diplomacia científica", *Foreign Affairs Latinoamérica*, en línea. Disponible en: <<http://revistafal.com/una-nueva-ola-para-la-diplomacia-cientifica/>>, consultado el 28 de enero de 2020.
- Flink, T. y U. Schreiterer (2010), "Science diplomacy at the intersection of S&T policies and foreign affairs: toward a typology of national approaches", *Science and Public Policy*, 37(9):665-677.
- Gobierno de España (2016), *Informe sobre diplomacia científica, tecnológica y de innovación*. Disponible en: <http://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/Informe_Diplomacia-Cientifica.pdf>, consultado el 20 de enero de 2020.
- Gobierno de España (2017), *Recomendaciones para la diplomacia científica en América Latina y el Caribe*. Disponible en: <<https://www.fecyt.es/es/noticia/recomendaciones-para-la-diplomacia-cientifica-en-america-latina-y-el-caribe>>, consultado el 10 de diciembre de 2019.
- Gual, M. (2015), "El papel de las redes científicas intergubernamentales en las relaciones regionales y la integración de América Latina", *Science and Diplomacy*, 3(4): en línea. Disponible en: <<http://www.sciencediplomacy.org/article/2015/el-papel-de-las-redes-cientificas-intergubernamentales-en-las-relaciones-regionales-y>>, consultado el 20 de enero de 2020.
- Senado de la República (2018), "Foro de diplomacia científica en torno a la Ley de Ciencia y Tecnología", *YouTube*. Disponible en: <<https://www.youtube.com/watch?v=G8TTEPo8H-4>>, consultado el 15 de enero de 2020.
- The Royal Society y American Association for the Advancement of Science (2010), *New frontiers in Science Diplomacy*. Disponible en: <https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/publications/2010/4294969468.pdf>, consultado el 28 de noviembre de 2019.
- Torres, B. (2019), "La participación de México en la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático", *Foro internacional*, 59:1179-1219.
- Villanueva-Rivas, C. (2017), "Construyendo el poder suave de México", *Revista Mexicana de Política Exterior*, 111:5-19.
- Zewail, A. H. (2010), "Science in diplomacy", *Cell*, 141(2):204-208.

Sergio Aguayo Quezada, Rodrigo Peña González y Saúl Espino Armendáriz

Violencia y construcción de paz

La discusión en torno a cómo construir la paz en México necesita un enfoque local. Este artículo relata la estrategia de construcción de islotes de paz impulsada desde el Seminario sobre Violencia y Paz de El Colegio de México. Las actividades involucran dos dimensiones: una educativa, relacionada con una experiencia docente en 2019, y otra basada en un proyecto de investigación aplicada en curso.

Rumbo a una agenda de construcción de paz

Aunque existe un consenso amplio sobre la necesidad de construir la paz en México, aún no queda suficientemente claro cómo hacerlo. La mayoría de las investigaciones recientes en la materia coinciden al respecto: como no existe una sola idea de paz, tampoco existe una sola





forma de construirla. Mucho depende del contexto. Hablando específicamente del caso mexicano, las dimensiones y la complejidad del país suponen la necesidad de ser incluso más específicos. El ámbito más local es clave en esta ecuación. En especial, un camino para lograrlo supone construir islotes de paz donde no los hay, reforzarlos donde están endebles, y conectarlos entre sí. La Ciudad de México es un espacio con enorme potencial para comenzar esta tarea.

¿A qué nos referimos con islotes de paz? Una metáfora funciona para explicarlo. En el marco de la complicada transición democrática que experimentó el país, los primeros años del presente siglo hacían ver a México como la piel de un leopardo. Las manchas eran espacios concretos, pero reducidos, donde la democracia se practicaba de mejor manera. Sin embargo, esas manchas están contenidas en un gran lienzo. En esta metáfora, las manchas, aunque existentes, están dispersas y, sobre todo, desconectadas. Son islotes. La misma metáfora funciona para explicar qué pasa con la contención de la violencia –aun y cuando, hablando de democracia, la metáfora sigue funcionando en términos generales–.

Aunque pocos, en México sí existen islotes de paz. Resultan de esfuerzos muy concretos, localizados y añejos. Y también existen escenarios con condiciones y el potencial para convertirse en islotes de paz. Aún no lo son, y necesitan de impulso, reconocimiento y trabajo asistido. Sin embargo, el gran lienzo sigue dominado por la violencia. Por lo tanto, la agenda para la construcción de paz en México involucra dos tareas concretas: crear más islotes y, después, conectarlos.

El objetivo es reforzar territorios específicos en donde personas concretas están trabajando para construir relaciones basadas en el respeto a los derechos humanos, la resolución pacífica de conflictos y la creación de justicia. Sólo así la paz puede ser un proyecto de amplio espectro. ¿Por dónde comenzar? En este artículo reseñamos dos actividades académicas encaminadas hacia la construcción de paz realizadas por el Seminario sobre Violencia y Paz de El Colegio de México.

Educación para la paz

La Ciudad de México representa un espacio estratégico para consolidar una agenda de construcción de paz. Para ello, resulta vital la educación para la paz dirigida hacia personas funcionarias públicas clave. En noviembre y diciembre de 2019, el Seminario sobre Violencia y Paz de El Colegio de México, con el valioso apoyo de la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México, y en estrecha colaboración con el Instituto de Formación Profesional de la entonces Procuraduría General de Justicia de la Ciudad de México, diseñó e impartió un curso teórico-práctico para policías ministeriales en activo y en formación, denominado: El funcionario frente a la violencia y la sociedad organizada.

Los objetivos del curso fueron dotar a sus participantes de una comprensión especializada de la violencia y los derechos humanos en la Ciudad de México, coadyuvar a la profesionalización de la policía ministerial, presentar el capital social disponible en la sociedad civil organizada con el fin de promover alianzas estratégicas y habituar a los y las policías ministeriales en activo y en formación a realizar la investigación con rigurosidad académica y enfoque social.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2003) reconoce el acceso a la justicia como un elemento integral de la construcción de paz en contextos de conflicto y postconflicto. Para que todas las personas tengan un acceso efectivo a la justicia, los agentes del Estado que se encargan de investigar y documentar las violaciones a la ley, así como de presentar a los presuntos implicados ante las instancias de impartición de justicia, deben contar con los recursos humanos y materiales necesarios, la capacitación suficiente y una firme adhesión a una cultura de paz, respeto a los derechos humanos y empatía. Inspirado por esas ideas, el Seminario ha desarrollado un modelo pedagógico basado en la empatía, paso indispensable para la consolidación de una cultura de paz en los participantes de sus conferencias, talleres y cursos de capacitación. El curso que aquí relatamos apuntó hacia ese objetivo, dirigido a un gremio estratégico para la construcción de paz en la Ciudad de México.



El grupo estuvo formado por 16 alumnos y alumnas del Instituto de Formación Profesional de la Procuraduría y 14 agentes de la Policía de Investigación. La premisa fue que todas las personas funcionarias públicas, también agentes de la policía de investigación, pueden realizar con mayor solvencia sus respectivas encomiendas si tienen una buena comprensión de la crisis de violencia y derechos humanos por la que atraviesa el país. No se buscaba que los agentes del Estado se convirtieran en académicos, sino que se nutrieran del conocimiento especializado generado en las instituciones educativas, universidades y organismos de la sociedad civil para diseñar estrategias de construcción de paz desde sus misiones particulares.

De acuerdo con las evaluaciones realizadas, el curso fue enriquecedor tanto para cursantes como para ponentes invitados y el equipo del Seminario. Entre los desafíos y enseñanzas principales del curso, podemos mencionar la necesidad de contar con más espacios de diálogo entre academia, activistas y Estado, así como la urgencia de diseñar nuevas estrategias de capacitación sobre derechos humanos y enfoque de género. Se trata de una tarea en la que el Seminario ha tenido particular interés. A partir

de estudiar las dinámicas, causas y consecuencias de la crisis de violencia y derechos humanos por la que atraviesa nuestro país, el Seminario se ha convertido en un foro fundamental para que personas funcionarias públicas, especialistas de la academia y líderes de la sociedad civil organizada entren en diálogo y compartan estrategias exitosas para la transformación de conflictos.

El curso-taller versó sobre la geopolítica, historia y dinámicas del crimen organizado transnacional; la búsqueda estratégica de información en bases de datos y redes digitales; la identificación del capital social negativo y positivo de la Ciudad de México; la historia, organización y desarrollo del movimiento de derechos humanos en México; la violencia contra las mujeres y las niñas en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México; los derechos humanos de las personas de la diversidad sexogenérica;

las prácticas estratégicas de resolución y transformación de conflictos; así como las reformas del sistema de impartición de justicia en México.

Como en todo intercambio humano auténtico, el diálogo tuvo momentos de tensión en los que todos los participantes encontraron la oportunidad de poner en práctica las estrategias de mediación y transformación de conflictos aprendidas en el curso. Los agravios históricos acumulados, los mutuos estereotipos y, en general, la escasa comunicación que por desgracia priva en nuestro país entre los tres sectores –a saber, academia, agentes del Estado y líderes de la sociedad civil organizada– fueron el escenario propicio para exponer las desavenencias y desarrollar discusiones fructíferas.

Estas tensiones se manifestaron en las sesiones del curso con personas víctimas y activistas por los derechos humanos. Un ejemplo fue el taller impartido por Kenya Cuevas, fundadora y directora de Casa de las Muñecas Tiresias, A. C., y activista por los derechos de las personas de la diversidad sexogenérica, trabajadores y trabajadoras sexuales, personas en situación de calle y quienes viven con VIH. Fue un diálogo franco, empático y –a decir de uno de los cursantes– transformador. La experiencia



de Kenya¹ con la impartición de justicia en la Ciudad de México y, en específico, el daño irreparable ocasionado a ella y a las mujeres trans trabajadoras sexuales que acompaña por la mala actuación de policías ministeriales, interpelaron directamente a los y las cursantes. Un joven aspirante a policía de investigación expresó que nunca “había tenido la oportunidad de interactuar con víctimas” y que lamentaba “mucho el trato que recibió [Kenya] por parte de la institución de procuración” de justicia, asumiendo el reto de “sensibilizar” a sus compañeros, familiares, amigos y superiores.

A pesar de que, de manera constante, las y los policías reciben cursos de capacitación en derechos humanos y perspectiva de género, aún existe una disociación entre el conocimiento “teórico” que obtienen en los cursos de capacitación obligatorios y la relevancia “práctica” de dichos conceptos para su actuar cotidiano. Aún más grave, en la policía ministerial se tiene arraigada la percepción de que se “abusa” de los derechos humanos para beneficiar a criminales. En otras palabras, los derechos humanos son entendidos como un discurso abstracto, un

¹ Véase <<https://youtu.be/kEGnnqCRv3o>>, la experiencia de Kenya Cuevas en TEDx Talks.

ideal imposible de cumplir a cabalidad y una amenaza jurídica que entorpece y perjudica a la policía de investigación.

La sesión teórico-práctica impartida por Mariclaire Acosta, reconocida activista por los derechos humanos de México, donde las y los cursantes compartieron sus experiencias con las fallas del sistema de impartición de justicia, resultó transformadora porque permitió que la mayoría reconociera la relevancia de los derechos humanos al identificar los propios derechos humanos vulnerados en las experiencias compartidas. Los y las cursantes dejaron de percibir los derechos humanos como un discurso ajeno y amenazante y lo asumieron como una realidad jurídica y política de la que ellos y ellas no son sólo garantes, sino sujetos. La forma más convincente que se encontró para transmitir el mensaje de la universalidad, interdependencia, indivisibilidad y progresividad de los derechos humanos fue por medio de preguntas guiadas y ejercicios de imaginación en los que la dualidad víctima/perpetrador abrió paso a una dialéctica fluida.

Cabe señalar que este curso fue diseñado e impartido en el contexto de una crisis de violencia de género y las crecientes protestas feministas y por los derechos de las mujeres en la Ciudad de México, el país y el mundo. En noviembre de 2019, el gobierno de la Ciudad de México decretó la Alerta de Violencia de Género contra las Mujeres, una medida que visibilizó de manera oficial la crisis. Además, como han reconocido las instancias federales, estatales, locales y de la sociedad civil, esta crisis de violencia de género se ha agravado en mayor grado por las circunstancias de confinamiento doméstico derivadas de la pandemia por COVID-19.

Las y los cursantes percibían todo esto por las manifestaciones y protestas sociales, la mediatización y por su propio trabajo. Sin embargo, a pesar de los cursos de capacitación en perspectiva de género que han recibido, los policías de investigación se mostraron suspicaces respecto a las particularidades de la violencia de género y, sobre todo, perplejos ante un fenómeno en el que se reconocían como actores clave en el acceso e impartición de justicia. De manera similar a la cuestión de los derechos humanos, las y

los cursantes percibían el enfoque de género como un discurso ideal, políticamente correcto, ajeno a la realidad cotidiana y sus problemas prácticos. Esta percepción era común tanto entre las personas veteranas como entre jóvenes aspirantes, y era compartida tanto por mujeres como por varones.

El desconocimiento de los conceptos básicos de género de las y los cursantes es sólo el síntoma de un Estado rebasado ante la violencia feminicida. Identidad de género, orientación sexual y expresión de género eran confundidos por el grupo. La incompreensión total de la violencia de género era manifiesta en el trabajo final y las participaciones, pues se asumía que todo delito que tuviera por víctima a una mujer era violencia de género o, por el contrario, que “la violencia no tenía género”. Esa falta de preparación teórica y de sensibilización resulta especialmente alarmante si se considera que algunos de los y las cursantes forman parte de agencias especializadas relacionadas con delitos sexuales.

Este curso evidenció que es necesario trascender el esquema actual de capacitación en derechos humanos y perspectiva de género. Las personas funcionarias públicas, incluyendo a las y los policías de investigación, no necesitan más cursos obligatorios de capacitación sobre derechos humanos, sino talleres de sensibilización con un modelo pedagógico novedoso que les permita identificar el valor de la teoría para su trabajo y su propia vida. En nuestra opinión, el esquema actual de capacitación puede resultar contraproducente, pues reduce los derechos humanos a un discurso políticamente correcto que se acredita con diplomas, pero que mantiene intacta la estructura institucional que viola sistemáticamente los derechos humanos, incluyendo los de las personas funcionarias públicas.

■ Investigación para la paz

■ A partir de la experiencia del curso reseñado, desde el Seminario sobre Violencia y Paz de El Colegio de México reafirmamos la relevancia que tienen las personas funcionarias públicas en la construcción y consolidación de proyectos de paz. La policía, de hecho, ocupa un lugar primordial por la inmedia-

tez y cercanía con la que su personal lidia con los conflictos que, potencialmente, llevan al uso de la violencia. Fue así como surgió la idea de promover una investigación aplicada para impulsar, justamente en las policías, el papel de mediación, resolución de conflicto y atención a víctimas. Aprovechando la experiencia de investigación y docencia que el Seminario tiene en la Ciudad de México, se impulsó una investigación para consolidar, de la mano de policías, a los Puntos de Innovación, Libertad, Arte, Educación y Saberes (Pilares) en islotes de paz.

Los Pilares son espacios físicos instalados en puntos estratégicos de la Ciudad de México para brindar oportunidades educativas, recreativas, artísticas y deportivas a la comunidad en general, y a personas de los alrededores del espacio donde están instalados en particular. Los Pilares son también una apuesta de política pública que cruza e involucra la atención a las víctimas de diferentes violencias. En términos de diseño de intervención urbana, la idea de los Pilares supone una oportunidad de atender de una manera creativa los problemas asociados a la violencia. Son, en otras palabras, islotes de paz potenciales.

El proyecto de investigación aplicada –que actualmente se encuentra en periodo de diseño– involucra varias etapas. Por un lado, diagnosticar la forma en que los Pilares están promoviendo, en primer lugar, las relaciones sociales. Es decir, indagar de qué manera estos espacios crean o contribuyen a



la creación de oportunidades para que las personas se conozcan y se relacionen. En un contexto donde la violencia prima, es común que la desconfianza, el miedo o la sospecha eviten que estas relaciones ocurran o que, simplemente, destruyan las que existen. Esto, consecuentemente, impide la creación de comunidad y de un sentido de solidaridad. En segundo lugar, importa reconocer si las relaciones sociales alrededor de los Pilares están basadas en principios de paz, como el respeto a los derechos humanos.

Una segunda etapa consistirá en implementar una estrategia para que aquellos Pilares que sí están contribuyendo a construir relaciones de paz y comunidad lo sigan haciendo, pero también para entender qué ocurre en los casos donde no es así, y diseñar acciones para impulsarlo. En otras palabras, esto supone reforzar los islotes de paz y construir nuevos. Este ejercicio se construye a partir de aprovechar la plataforma que representan los Pilares, pero también se debe ir reforzando y amplificando el papel de la policía. El reto es convertir a integrantes de

este gremio estratégico en gestores sociales capaces de involucrarse propositiva y asertivamente en los conflictos que ocurren en torno a los Pilares. Ello supone un trabajo integral que involucra investigar, averiguar, proponer y solucionar problemas, en ocasiones, de manera simultánea. El reto es inmenso, pero el valor de la oportunidad lo es aún más.

Este proyecto, aunque coordinado desde el Seminario, es el resultado de una suma de esfuerzos sin precedentes. Todo ocurre en el marco de la Red ECOS de la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México. La suma de personas e instituciones involucradas en su ejecución incluye no sólo a académicos, sino también a dependencias de gobierno y organizaciones no gubernamentales. Además de gozar de las ventajas de una colaboración tan amplia, la estrategia metodológica y plataforma científica que participa en este proyecto profesa lo que predica: la paz no es posible si no se trabaja en colaboración. Es la materia prima de lo que llamamos redes de paz.

El éxito de esta investigación permitirá que el modelo de los Pilares se convierta en una plataforma inigualable para crear o reforzar islotes de paz en contextos urbanos. Existe evidencia para pensar que, actualmente en la Ciudad de México, algunos Pilares están cumpliendo con esta función a partir de indicadores empíricos. Sin embargo, hace falta documentar esos casos y, en los que no se está cumpliendo con el objetivo, esta investigación permitirá crear una metodología para detectar los puntos débiles, ajustarlos y mejorar la dinámica social que ocurre en estos lugares.

Dicho éxito será el primer paso en la agenda de los islotes de paz, pero nos interesa que haya cada vez más, lo que implica que más personas se relacionen y vayan creando una comunidad basada en principios y valores de paz. No obstante, la máxima aspiración es que, en la metáfora del leopardo, sea el fondo el que desaparezca; es decir, que la mancha de la paz se amplifique y extienda sobre la de la violencia. En el modelo expuesto, la forma de hacerlo es a partir de conectar los islotes de paz. ¿Cómo? Con redes: relaciones sociales construidas sobre los principios de paz. Una vez consolidados los islotes, entonces



hay que comunicarlos entre sí y darles oportunidad para que se refuercen entre ellos. Esto es lo que algunos investigadores en estos temas han denominado las geografías de paz.

Según estas ideas, a pesar de las diferencias en torno a cómo se entienda el significado del término *paz*, éste siempre es un proceso espacial, es decir, ocurre en un espacio concreto y definido. En ese espacio, existen personas que, al final, son quienes se relacionan (idealmente de forma pacífica). Eso hace que el proceso tenga que ser plural. No hay paz si no se involucra a todas y todos los que ocupan dicho espacio físico. Si ese proceso se logra en un espacio A, y luego en un espacio B, después hay que conectarlos a ambos para que juntos formen una nueva geografía de paz más grande, más sólida y consolidada. En este planteamiento, esos espacios son los Pilares. Cabe pensar en la posibilidad de que el potencial expansivo que ha tenido la violencia en México haya seguido un modelo similar al de las geografías de paz, y que estemos viviendo en medio de una gran geografía de violencia. Sin embargo, es momento urgente de revertirlo.

La Ciudad de México y los pasos rumbo a la paz

No será posible subsanar las deficiencias en el acceso e impartición de justicia en la Ciudad de México y en el país sin invertir de manera eficaz y sostenida en la construcción y reforzamiento de los islotes de paz. Un camino para hacerlo consiste en la docencia y la investigación. No se trata de un diagnóstico nuevo, y precisamente eso lo hace aún más agravante y urgente. La coyuntura lo favorece.

Como ejemplo, la transición de la Procuraduría General de Justicia hacia la Fiscalía General de Justicia representa una oportunidad ideal para incidir en este esfuerzo. La transformación del sistema de impartición de justicia y la resolución de nuestra crisis de violencia y derechos humanos necesitan instrumentar el conocimiento especializado de la academia y la experiencia de la sociedad civil en políticas públicas de Estado. Esa transformación no será posible si no se pone en valor el conocien-



to práctico de las personas funcionarias públicas de base, si no se identifican los retos y desafíos que tienen a la hora de desempeñar sus encomiendas en condiciones de precariedad e incertidumbre y si no se aprovecha el entusiasmo de las generaciones jóvenes para fortalecer a las instituciones.

Sergio Aguayo Quezada

El Colegio de México.
saguayo@colmex.mx

Rodrigo Peña González

El Colegio de México.
rpena@colmex.mx

Saúl Espino Armendáriz

El Colegio de México.
sespino@colmex.mx

Referencias específicas

- Megoran, N. y F. McConnell (eds.) (2014), *Geographies of Peace. New Approaches to Boundaries, Diplomacy and Conflict Resolution*, Londres, Tauris.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2003), *Programming for Justice: Access for All. A Practitioner's Guide to a Human Rights-Based Approach to Access to Justice*, Bangkok, UNDP Regional Centre in Bangkok.

Ana María Cetto Kramis y María Teresa Josefina Pérez de Celis Herrero



LUCES

sobre la ciudad

En el marco de la Red ECOS se estructuró el proyecto Luces sobre la ciudad, con el objetivo de proponer estrategias de iluminación para la Ciudad de México. Los resultados de este proceso serán un insumo clave para formular recomendaciones, normas y políticas orientadas a dotar al espacio urbano y a sus habitantes de las condiciones óptimas de iluminación.

Introducción

Quizá a los más veteranos de quienes leen esto, la bella imagen que abre este artículo (véase la Figura 1) les evoque una experiencia lejana de cuando, siendo pequeños, aprendieron que ese fino encaje tapizado de estrellas que cruza el firmamento no es más que un fragmento de nuestra propia galaxia. Hoy, niños y niñas de la ciudad se enteran de la existencia de la Vía Láctea al navegar por internet y visitar el sitio de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) de Estados Unidos de América, o bien cuando ven las películas de héroes y villanos en el espacio extraplanetario. En las zonas urbanas, donde vive ya la mayor parte de la población mundial,¹ el cielo nocturno ha dejado de ser “puro”, lo que significa que la luz artificial ha rebasado el 10% de la luminosidad natural de la noche. Según los estándares astronómicos, por cada 10% que aumenta el brillo del velo nocturno se pierde el 10% de oportunidades de divisar los objetos más débiles. Este efecto es particularmente notable en la Ciudad de México, donde en una noche clara, si acaso, apenas podemos ver un puñado de estrellas.

La relevancia del problema trasciende lo astronómico; el que la **contaminación lumínica** nos “robe” las estrellas tiene también importantes consecuencias para la salud, el ambiente, la cultura, la economía y la sociedad en general. Por ello, el tema de la iluminación urbana requiere ser abordado de manera integral y sobre la base de una correcta obtención de datos para el análisis y la búsqueda de solucio-

Contaminación lumínica

Iluminación artificial excesiva. Dícese también del brillo del cielo nocturno debido al exceso de luz artificial en la atmósfera.

¹ Según estimaciones de la Organización de las Naciones Unidas, para 2050 cerca de 70% de la población mundial vivirá en zonas urbanas. Véase: <<https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanizationprospects.html>>.

“Un cielo sin estrellas es como un mundo sin flores.”

Silvia Torres Peimbert, investigadora emérita del Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México.

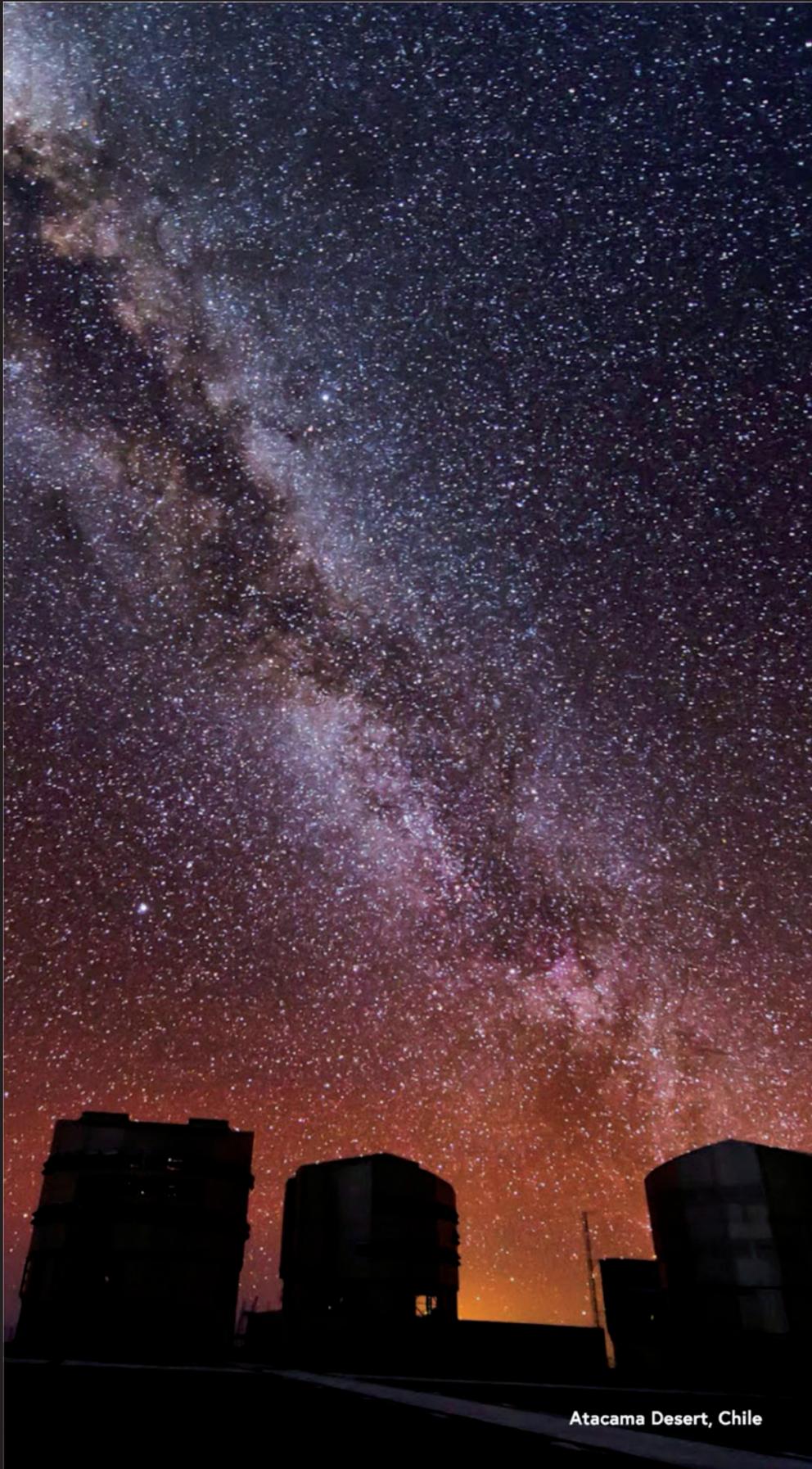


Figura 1. Vista de la Vía Láctea desde el desierto de Atacama en Chile, sitio del Observatorio Europeo del Sur (ESO). Imagen tomada de: Schulte-Römer y cols. (2018).

Atacama Desert, Chile

nes. Sus áreas de estudio comprenden aspectos tan diversos como los patrones de emisión de las fuentes de luz; la interacción de la luz con la atmósfera; el ambiente lumínico diurno y nocturno en la ciudad; su variación espacial y temporal; los impactos en el paisaje urbano y espacios públicos, en los patrones de vida nocturna de plantas y animales, en la actividad y la salud humana, así como en la observación astronómica; el costo energético de la iluminación; el uso de fuentes alternativas de energía, y el diseño de luminarias.

La comprensión de todos estos aspectos resulta esencial para formular recomendaciones, normas y políticas orientadas a dotar al espacio urbano y a sus habitantes de las condiciones óptimas de iluminación. Lo anterior constituye, a su vez, la base para el desarrollo de campañas informativas y de concientización, así como para el diseño de programas de formación de especialistas y de capacitación técnica en los diversos ramos relacionados con la iluminación y sus efectos.

Existe en el ámbito internacional cada vez una mayor conciencia de la necesidad de atender la cuestión de la iluminación urbana y de mitigar la contaminación lumínica, como lo atestigua la actividad de numerosos organismos, tanto locales como internacionales,² así como de los programas de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) relacionados con el derecho a los cielos oscuros y el patrimonio de la humanidad. Varias ciudades y zonas urbanas han



Figura 2. Panorámica nocturna de la Ciudad de México. Imagen tomada de: <<https://mexicobusiness.news/logistics/news/estafeta-uses-augmented-reality-tech-warehouse-management>>.

avanzado de manera exitosa en la implementación de medidas orientadas a optimizar su ambiente lumínico. En México se han dado los primeros pasos, entre ellos: la promulgación en 2006 del Reglamento para la Prevención de la Contaminación Lumínica en el municipio de Ensenada, Baja California; la aprobación en 2015 de una zona de máxima protección para el Observatorio Astronómico Nacional, en un radio de 100 km, con luz de calidad para alumbrado público; así como la emisión en 2019 de un decreto para prevenir y controlar la contaminación por luz intrusa, por parte del Senado de la República. Sin embargo, queda mucho trabajo por hacer para la elaboración y puesta en práctica de las normas dictaminadas en esta materia (Senado de la República, 2019).

La Ciudad de México enfrenta un problema particularmente complejo, pues existen amplias zonas de iluminación excesiva y otras que adolecen de ésta (véase la Figura 2). A la vez, nuestro país cuenta con el talento de especialistas que destacan en muy diversas ramas y tienen experiencia en investigación y aplicación de soluciones, quienes, además de estar en contacto con los avances internacionales, se han familiarizado con la problemática local y nacional.

Un conjunto importante de profesionales, en asociación con una gama de instituciones en el

² Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), International Association of Lighting Designers (IALD), International Astronomical Union (IAU), International Dark-Sky Association (IDA), Illuminating Engineering Society (IES), International Union for Conservation of Nature (IUCN), Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), Loss of the Night Network (LONNE), Lighting Urban Community International (LUCI), Red Española de Estudios de la Contaminación Lumínica (REECL), Lightmare, NocheZero, Starlight y STARS4ALL, entre otros.

Recuadro 1. Objetivos específicos del proyecto Luces sobre la ciudad

- Promover el uso de la iluminación como un factor de desarrollo social, económico y cultural.
- Realizar estudios de los diversos aspectos relacionados con la iluminación urbana, con especial atención en la Ciudad de México.
 - ◊ Caracterizar la **calidad espectral** y el **flujo fotónico** en el ambiente lumínico intrahospitalario y en aulas.
 - ◊ Determinar la **composición espectral** y el flujo fotónico de las luminarias utilizadas en la Ciudad de México y en Ciudad Universitaria.
 - ◊ Identificar las fuentes artificiales de luz que emiten longitudes de onda o flujos fotónicos que interfieren con procesos biológicos de plantas y animales.
 - ◊ Detectar la modificación de los **albedos nocturnos** generada por la iluminación artificial o la contaminación en zonas arboladas, como jardines, y en calles poco arboladas.
 - ◊ Caracterizar la disponibilidad de la luz natural en la Ciudad de México.
- Desarrollar campañas informativas, de educación y de concientización.
 - ◊ Diseñar e impartir talleres a servidores públicos (alcaldías, obras, servicios urbanos, etcétera) para desarrollar prácticas adecuadas de iluminación urbana.
 - ◊ Diseñar programas de formación de especialistas y de capacitación técnica en los diversos ramos relacionados con la iluminación y sus efectos.
 - ◊ Realizar actividades lúdicas y experimentales en escuelas para fomentar una relación más cercana con la luz.
- Formular recomendaciones, normas y políticas públicas.
 - ◊ Proponer una normativa orientada al aprovechamiento del flujo luminoso natural en la urbe.
 - ◊ Proponer e instrumentar estrategias para disminuir la exposición a la luz por la noche.
 - ◊ Incluir en la normativa la revisión del proyecto de iluminación urbana por especialistas en diseño de iluminación.

Calidad espectral

Color de la luz de una fuente lumínica. Varía dependiendo de la intensidad en cada longitud de onda del espectro electromagnético de la luz.

Flujo fotónico

Número de fotones por segundo por unidad de área. Su unidad de medida es el micromol, que equivale a 6.022×10^{17} fotones.

Composición espectral

Distribución de colores presentes en el espectro de la luz.

Albedo nocturno

Porcentaje de radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre ella; en este caso, durante la noche.

país,³ ha respondido con entusiasmo a la convocatoria auspiciada por la Red ECOS para formar parte del proyecto Luces sobre la ciudad, con la intención y el compromiso de trabajar en los diversos temas aquí expuestos. El sólido grupo que sustenta el proyecto está constituido por especialistas en ecología, física, astronomía, arquitectura, ingeniería ambiental, ciencias atmosféricas, salud, energía y diseño de iluminación, entre otras materias, quienes trabajarán conjuntamente hacia la propuesta de soluciones en aspectos relacionados con la iluminación en la Ciudad

de México. En estas páginas ofrecemos una breve descripción del proyecto, esperando con ello provocar la curiosidad de quienes nos leen y, en su caso, despertar su interés por asociarse a esta iniciativa.

Descripción del proyecto

El proyecto Luces sobre la ciudad tiene como objetivo general abordar la problemática de iluminación urbana (espacios públicos y edificaciones) en la Ciudad de México, con el propósito de generar una estrategia de iluminación basada en la investigación científica y una adecuada práctica profesional para el diseño de políticas públicas. Dicha estrategia será integral, clara y contextual, para fomentar el uso de la iluminación como un factor de desarrollo social, económico y cultural, mitigar los efectos negativos en la salud y el ambiente y enfatizar el uso racional de la energía.

Los objetivos específicos del proyecto se enumeran en el Recuadro 1. A continuación nos referimos someramente a algunos de los temas que el grupo ha

³ Entre dichas instituciones se encuentran: la Academia Mexicana de Ciencias; la Dirección Adjunta de Desarrollo Tecnológico e Innovación, el CentroGeo y el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, pertenecientes al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt); Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales; Ideas en Luz; Lighteam; Luz Sin Fronteras-México; Día Internacional de la Luz, Nodo México; así como el Centro de Ciencias de la Atmósfera, la Dirección General de Divulgación de la Ciencia, las facultades de Arquitectura y de Medicina, los institutos de Astronomía, Ecología, Energías Renovables y Física, además del Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad, pertenecientes a la Universidad Nacional Autónoma de México.

identificado como prioritarios, organizados en cuatro grandes rubros.

Luz natural

La vida sobre el planeta ha evolucionado acompañada y alimentada por la luz del Sol, por lo que no es de sorprender que esta luz sea esencial para el funcionamiento de los organismos vivos. La luz natural es nuestra fuente primordial de energía; promueve la fotosíntesis y la producción de vitamina D, entre otros elementos vitales, al tiempo que funge un papel importante en la salud y en el estado de ánimo de las personas. El espectro completo y único de la luz del Sol crea una sensación de bienestar y genera un mejor desempeño laboral o escolar, y en el caso

de las personas enfermas acelera el proceso de recuperación. Por otra parte, la ausencia prolongada de luz natural tiende a provocar depresión, modificar el metabolismo y reducir la función reproductiva.

La Cuenca de México presenta características particulares en cuanto a la disponibilidad de luz natural. El recurso difuso disponible es apto para iluminar de forma natural incluso los ambientes interiores; sin embargo, la normativa actual para edificaciones no se basa en estudios sobre la disponibilidad de luz natural en el sitio (Guadarrama, 2018). A partir de mediciones hechas en estaciones especializadas podemos conocer las variaciones diarias, mensuales y anuales del **flujo lumínico**, así como la frecuencia de los **tipos de cielo** y las características atmosféricas que

Flujo lumínico (o luminoso)

Cantidad total de luz que produce una fuente en un segundo. Su unidad de medida en el Sistema Internacional de Unidades es el lumen.

Tipo de cielo

Descripción del cielo por su distribución de luminancias, lo que permite su utilización en los cálculos y en el análisis de sus efectos en la arquitectura.

“La luz nunca es neutral. Algunos organismos son más sensibles a las longitudes de onda cortas y otros a las largas; con un espectro amplio los afectan a todos.”

Sibylle Schroer, coordinadora de Loss of the Night Network.



influyen en la calidad de la luz que recibimos. Conocer con certeza este recurso luminoso y su comportamiento en la localidad de estudio permitirá a los especialistas elaborar propuestas para su aprovechamiento en el urbanismo y la arquitectura, así como para ofrecer respuestas a las necesidades locales, que además redunden en un ahorro energético al planear ambientes lumínicamente eficientes.

Luz artificial

El desarrollo de las modernas fuentes luminosas a base de **LED** ha dado lugar a un profuso número de aplicaciones y ha provocado un despliegue de creatividad en el uso de la luz. Todas las personas nos beneficiamos de la extensión diaria de las horas hábiles gracias a la luz artificial, pero también somos víctimas de sus consecuencias, por el impacto que tiene en nuestra salud.

Nuestro sistema circadiano realiza un monitoreo de las señales cíclicas externas y las transmite a todos los tejidos del organismo para lograr un funcionamiento coordinado y de adaptación al entorno cambiante, con respuestas eficientes a lo largo de cada ciclo de 24 horas. En particular, la oscuridad por la noche permite el descanso, el sueño, la reparación de tejidos y células y la consolidación de memorias en el cerebro. Sin embargo, actualmente cerca de 80% de la población mundial está expuesta a una alteración en los niveles naturales de iluminación durante la noche. Quienes trabajan en turnos nocturnos pertenecen a uno de los grupos más afectados; pero también un gran número de niños, niñas y jóvenes están bajo condiciones que interfieren con su ritmo circadiano; en particular, por el uso de aparatos electrónicos con pantallas que directamente irradian luz con una fuerte **componente azul**. De relevancia actual son los estudios de la correlación entre las enfermedades de origen metabólico y el estilo de vida caracterizado por cambios en los patrones de sueño y por la exposición a la luz artificial nocturna, los cuales han conducido, en particular, a la hipótesis de que estas alteraciones pueden estar involucradas en el desarrollo de la obesidad y entre las causas de la diabetes tipo 2, que están entre los principales problemas de salud pública en México y en el mundo (Vieira, 2014).

En la especie humana, el efecto de la luz sobre el sistema circadiano se mide tomando como referencia el ritmo diario de la **melatonina**. Basta una intensidad de luz azul de 1 lux (unidad de medida del nivel de iluminación) para suprimir la secreción de melatonina (Grubisic, 2019). Actualmente, en la mayoría de las casas de la ciudad las fuentes de luz emiten hasta 1 000 lux, lo suficiente para retrasar el inicio del sueño y causar serias alteraciones circadianas. A esto se suma la luz intrusa, aquella que proviene del alumbrado público y de los llamados reflectores de seguridad instalados en las fachadas, la cual penetra hasta el interior de las habitaciones. Por ello es importante estudiar el impacto de la iluminación urbana en los seres humanos y su salud, en este caso con especial atención en la Ciudad de México, para que sirva de base a la normatividad correspondiente.

No menos importante, aunque quizá menos estudiado, es el impacto de la contaminación lumínica urbana en plantas y animales. La forma como cada organismo interacciona con la luz depende de una multiplicidad de factores externos que comprenden la intensidad, la dirección de incidencia, la dispersión y la distribución espectral de la luz, así como la hora del día o de la noche, la duración, la estación del año y las condiciones atmosféricas. El exceso de luz artificial puede significar alteraciones importantes en el ritmo circadiano de plantas y animales (véase la Figura 3); por ello, las recomendaciones relativas a la iluminación de la Ciudad de México deben considerar su impacto sobre todos los organismos que conforman el ecosistema urbano.

Contaminación lumínica

La radiación emitida desde las ciudades en ambientes nocturnos, que es reflejada y dispersada en la atmósfera, representa también un aporte al cambio climático global, ya que los combustibles fósiles son las fuentes primarias de los insumos de energía para la iluminación. Toda la luz irradiada al hemisferio superior representa un gasto completamente inútil de energía.

La contaminación lumínica conlleva un complejo cúmulo de procesos que involucra la interacción entre la luz artificial y los constituyentes de

Melatonina

Hormona implicada en la regulación de la oscilación entre sueño y vigilia. Se encuentra en la mayoría de los seres vivos, en concentraciones que varían según el ciclo diurno/nocturno.

LED

Diodo emisor de luz. Acrónimo de la expresión *light-emitting diode* en lengua inglesa.

Componente azul

Un componente de la luz blanca. Su longitud de onda se encuentra entre 380 nm y 475 nm, aproximadamente.

“Contaminación lumínica: la diferencia entre la iluminación que se emite, con respecto a la cantidad real que se requiere.”

Héctor Solano Lamphar, investigador del CentroGeo, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.



Figura 3. Aves migratorias atraídas por el Homenaje en Luz, instalado en Nueva York, en recuerdo de los atentados del 11 de septiembre de 2001. Cada uno de los 88 tubos de xenón (Xe) consume más de 7 000 watts para generar luz dirigida hacia el cielo nocturno. En 2014 el Homenaje en Luz fue trasladado a Nueva Jersey. Imagen tomada de: Van Doren y cols. (2017).

la atmósfera, incluidos los aerosoles artificiales y naturales. A menudo resulta difícil establecer una distinción entre las partículas de la troposfera que proceden de fuentes naturales y las antropogénicas; ambas contribuyen a la polución atmosférica, que hoy se reconoce como un problema grave derivado, en gran medida, de un desarrollo urbano mal gestionado. Las propiedades ópticas del medio atmosférico se encuentran en continuo cambio y afectan la calidad del ambiente lumínico; asimismo, la contaminación lumínica depende directamente de tales propiedades.

El proceso de urbanización en nuestro país muestra una tendencia a concentrar un mayor número de habitantes y actividades productivas en pocos espacios, lo cual incrementa las emisiones contaminantes, por lo que dar solución a los problemas urbanos se vuelve apremiante. Dada la complejidad del tema, los estudios ambientales deben contener una base sólida de análisis de los contaminantes para realizar un diagnóstico interdisciplinar e identificar las condiciones en que se encuentran los núcleos urbanos en materia de polución. En este sentido, es preciso analizar las condiciones existentes de contaminación atmosférica y lumínica en las ciudades para desarrollar una metodología que sea aplicable y escalable. El análisis teórico y experimental sobre la Ciudad de México no se ha llevado a cabo, por lo que se nos presenta una oportunidad de innovación en el campo y de aportación de datos fiables, necesarios para investigar la relación entre contaminación atmosférica y contaminación lumínica.

Diseño de iluminación

La iluminación urbana de la Ciudad de México suele resolverse tomando en consideración factores de muy diversa naturaleza, en escalas a veces extremas y por actores múltiples. Podemos afirmar que la iluminación del espacio público ha respondido más a la necesidad del alumbrado de vialidades como una prioridad para mitigar el problema de la inseguridad. Las soluciones han partido de criterios técnicos (principalmente, niveles de iluminación y consumo eléctrico) que emplean las tecnologías lumínicas disponibles de acuerdo con el momento. Sin em-

“Luz, la señal más precisa en la naturaleza.”

Alma Orozco, investigadora del Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México.



Curva de emisión

Representación gráfica de la luz emitida, que muestra diferentes características relacionadas con la naturaleza de la fuente lumínica, el tipo de reflector, la óptica o el diseño de las luminarias.

bargo, no existe un marco de referencia local para fomentar el uso sustentable de la luz en el espacio público.

Una limitante que habrá que abordar es la ausencia de estándares adecuados para la caracterización de la luz ambiental y de la contaminación lumínica en particular. Ésta es una tarea multidisciplinaria que involucra a especialistas en ingeniería de iluminación, arquitectura, modelación, física teórica, ecofisiología, meteorología y otras ciencias involucradas en el estudio de las propiedades de la luz y sus efectos.

La protección de la salud y el ambiente también implica la necesidad de dar soluciones alternativas para formular políticas públicas. Se espera que la **función de emisión angular** sea consistente con las

localizaciones del alumbrado público, pero las emisiones de luz de interiores de edificios, anuncios espectaculares, automóviles o estadios deportivos influyen también en la **curva de emisión**. Por lo tanto, no debe ignorarse la contribución que la iluminación privada, las vallas publicitarias, las ventanas y los monumentos hacen al brillo del cielo nocturno. El diseño y la implementación de políticas deberán responder a los criterios de influencia en los espacios urbanos. Asimismo, se requiere realizar estudios para proponer una zonificación con criterios de iluminación que consideren el entorno y las necesidades dentro del área metropolitana de acuerdo con recomendaciones científicas. El desarrollo de nuevas regulaciones es un tema prioritario y un gran desafío para todos los agentes involucrados.

Función de emisión angular

Distribución angular de la intensidad radiante.

“Aunque hay un largo camino por recorrer, soy optimista y pienso que aún podemos recuperar los cielos oscuros en las ciudades.”

Fei Guo, International Dark-Sky Association/Shanghái, China.



Figura 4. Memorial a las Víctimas de la Violencia en México, Chapultepec, Ciudad de México. Diseño de iluminación de Lightteam/Gustavo Avilés y Anna Sbokou, 2013. Imagen tomada de: <https://www.lamp.es/es/memorial-victimas-de-violencia-en-mexico_56075>.

■ Metodología de trabajo

■ El objetivo planteado por el proyecto establece la necesidad de proponer estrategias sustentables que sean integrales en su concepción y realización, por lo que, además de las reuniones de trabajo colectivas y por temas específicos, el grupo se ha propuesto llevar a cabo una serie de talleres participativos que permitan:

- Establecer una metodología de colaboración para el desarrollo de proyectos de iluminación puntuales.
- Crear un laboratorio de ideas y soluciones para el abordaje de la problemática de la iluminación urbana y la obtención de datos valiosos para el desarrollo de estrategias.

- Evaluar mediante casos reales los beneficios de una estrategia sustentable e integral en el desarrollo de proyectos de iluminación urbana.

Un factor clave para el éxito del proyecto es la concientización y educación de los diversos sectores y actores involucrados. Para ello se desarrollarán de manera transversal actividades en torno a cada uno de los temas, que sirvan para tender puentes entre especialistas y la ciudadanía, tanto como parte de la educación formal y no formal, así como mediante actividades de ciencia ciudadana y proyectos de acción comunitaria que conduzcan a procesos de experimentación y aprendizaje o de los cuales emanen propuestas de solución.

Al término del proyecto esperamos proveer a las autoridades de la Ciudad de México de los elementos básicos para formular un plan maestro de iluminación urbana, basado en el conocimiento científico y la experiencia colectiva adquirida durante el desarrollo de las diversas etapas (véase la Figura 4).

Ana María Cetto Kramis

Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México.

ana@fisica.unam.mx

María Teresa Josefina Pérez de Celis Herrero

Dirección General de Divulgación de la Ciencia, Universidad Nacional Autónoma de México.

tita@dgdcc.unam.mx

Referencias específicas

- Guadarrama, C. (2018), *Luz natural en la arquitectura: aportaciones científicas, tecnológicas y de diseño* (tesis de doctorado), México, UNAM.
- Grubisic *et al.* (2019), “Light Pollution, Circadian Photoreception, and Melatonin in Vertebrates”, *Sustainability*, 11:6400. Disponible en: <doi.org/10.3390/su11226400>, consultado el 18 de noviembre de 2020.
- Schulte-Römer, N. *et al.* (2018), “Light pollution – A global discussion”, Helmholtz Centre for Environmental Research Leipzig. Disponible en: <www.lightpollutiondiscussion.net>, consultado el 18 de noviembre de 2020.
- Senado de la República (2019), *Dictamen de las Comisiones Unidas de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Cambio Climático, y de Estudios Legislativos, Primera, a la minuta Proyecto de decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, 20 de junio.
- Varios autores (2018), “La transversalidad de la luz”, *Revista Digital Universitaria*. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/mayo_junio_2018/>, consultado el 18 de noviembre de 2020.
- Van Doren, M. *et al.* (2017), “High-intensity urban light installation dramatically alters nocturnal bird migration”, *PNAS*, 114(42):11175-11180. Disponible en: <https://doi.org/10.1073/pnas.1708574114>, consultado el 18 de noviembre de 2020.
- Vieira, E. (2015), “La importancia del reloj biológico en el desarrollo de la obesidad y de la diabetes”, *Avances en Diabetología*, 31(2):60-63. Disponible en: <doi.org/10.1016/j.avdiab.2014.12.002>, consultado el 18 de noviembre de 2020.



Red Sísmica de la Ciudad de México

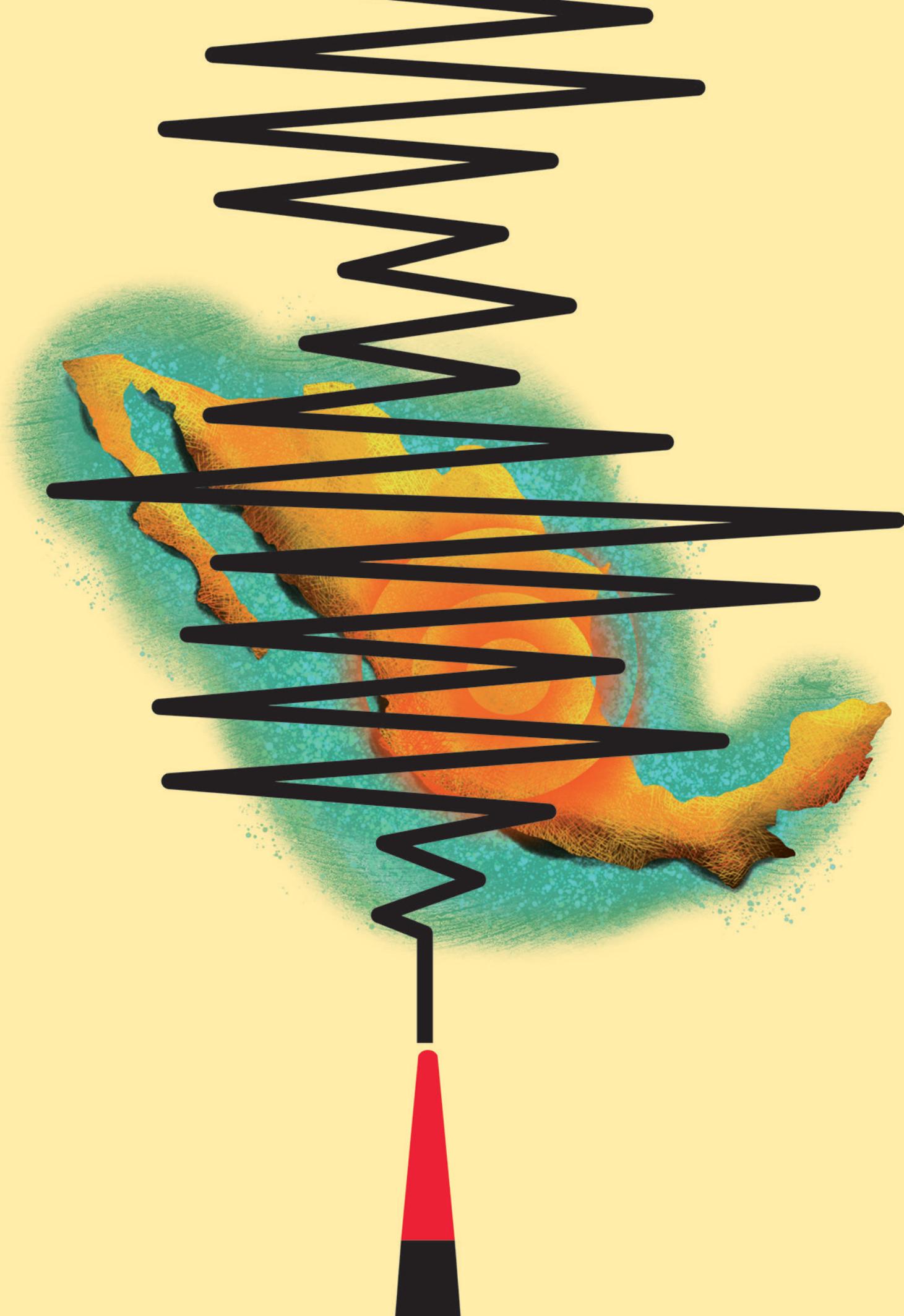
Tras el sismo de 1985, en la Ciudad de México se desarrollaron redes acelerográficas y sismológicas, las cuales, por iniciativa del Gobierno, ahora se integran para conformar la Red Sísmica de la Ciudad de México. Ésta contribuirá al monitoreo de la sismicidad, a la generación de información, y a la constitución de una base de datos que servirá para la estimación del peligro sísmico en la ciudad.

Introducción

Muchas preguntas se imponen cuando sentimos otra sacudida. Nuestra experiencia en la Ciudad de México (CDMX) acumula desgracias e incertidumbre por los terremotos que la han amenazado en su historia. ¿Cuánto durará el temblor?, ¿dónde están mis hijos, mis padres, mis hermanas?, ¿qué habrá pasado en la ciudad?, ¿dónde ocurrió y de qué tamaño fue?, ¿qué debo hacer?, ¿por qué otra vez...? Invariablemente, estas preguntas nos las hacemos todas las personas cada vez que tiembla, especialistas y no especialistas. Sus respuestas, por lo tanto, nos resultan indispensables como sociedad para poder vivir con mediana tranquilidad y mejor preparación ante el siguiente golpe (Cruz-Atienza, 2018).

Los sismos seguirán pasando en México. Siempre. Es posible incluso que haya sacudidas más violentas que todas las que hemos conocido. Debe alentarnos saber, sin embargo, que es posible convivir con este fenómeno y reducir de manera importante sus riesgos. La respuesta está en el conocimiento, en la comprensión de su naturaleza, de las consecuencias que ha tenido y de las medidas de mitigación que tomemos. Todo se resume en una palabra: prevención; es decir, en nuestra capacidad de articular interdisciplinariamente el conocimiento científico y el social para elaborar, desde esa perspectiva, estrategias eficaces que nos hagan menos vulnerables y más resilientes ante los terremotos (Cruz-Atienza, 2013).

A raíz de los devastadores sismos de 2017 en México, la sensibilidad de la ciudadanía y de sus autoridades afloró nuevamente, algo común en todas las sociedades amenazadas por este fenómeno. Lamentablemente, tienen que ocurrir desgracias para tomar decisiones pertinentes. La memoria social se desvanece rápidamente. Sin



un esfuerzo institucional sostenido que trascienda el tiempo, seguiremos construyendo los futuros desastres con la esperanza de sobreponernos lo antes posible cuando ocurran. No hay designios ni fatalidad. Como sociedad, nuestro futuro está en nuestras manos.

El 16 de julio de 2019 ocurrió un sismo de magnitud 3.2 en la alcaldía Miguel Hidalgo, un kilómetro por abajo del Panteón Dolores. A pesar de su magnitud tan pequeña, el terremoto produjo la aceleración del suelo más grande que jamás se haya registrado en sitios de roca firme de la ciudad (Singh *et al.*, 2020). Por supuesto, esta extrema sacudida se sintió únicamente cerca del epicentro (esto es, a menos de un kilómetro). Sin embargo, el sismo creó mucho revuelo a pesar de no provocar daños, de tal forma que el Gobierno de la CDMX tomó cartas en el asunto y convocó a especialistas en la materia para discutir y tomar decisiones pertinentes.

Fue así como surgió una iniciativa institucional que promete trascender el tiempo, al establecer la infraestructura y los medios necesarios para contribuir más que nunca a la prevención en nuestra urbe. La Red Sísmica de la Ciudad de México (RSCDMX) y su Comité Asesor permitirán hacer observaciones inéditas de la sismicidad para entenderla mejor y para generar información expedita y útil durante las emergencias futuras (véase la Figura 1). Como se describe a continuación, se trata de un esfuerzo interinstitucional sin precedente que está construyendo una de las redes de observación sismológica más ambiciosas del mundo.

■ ■ ■ **Los sismos en la Ciudad de México**
■ México se encuentra en un contexto geológico donde cinco placas tectónicas interactúan entre sí y

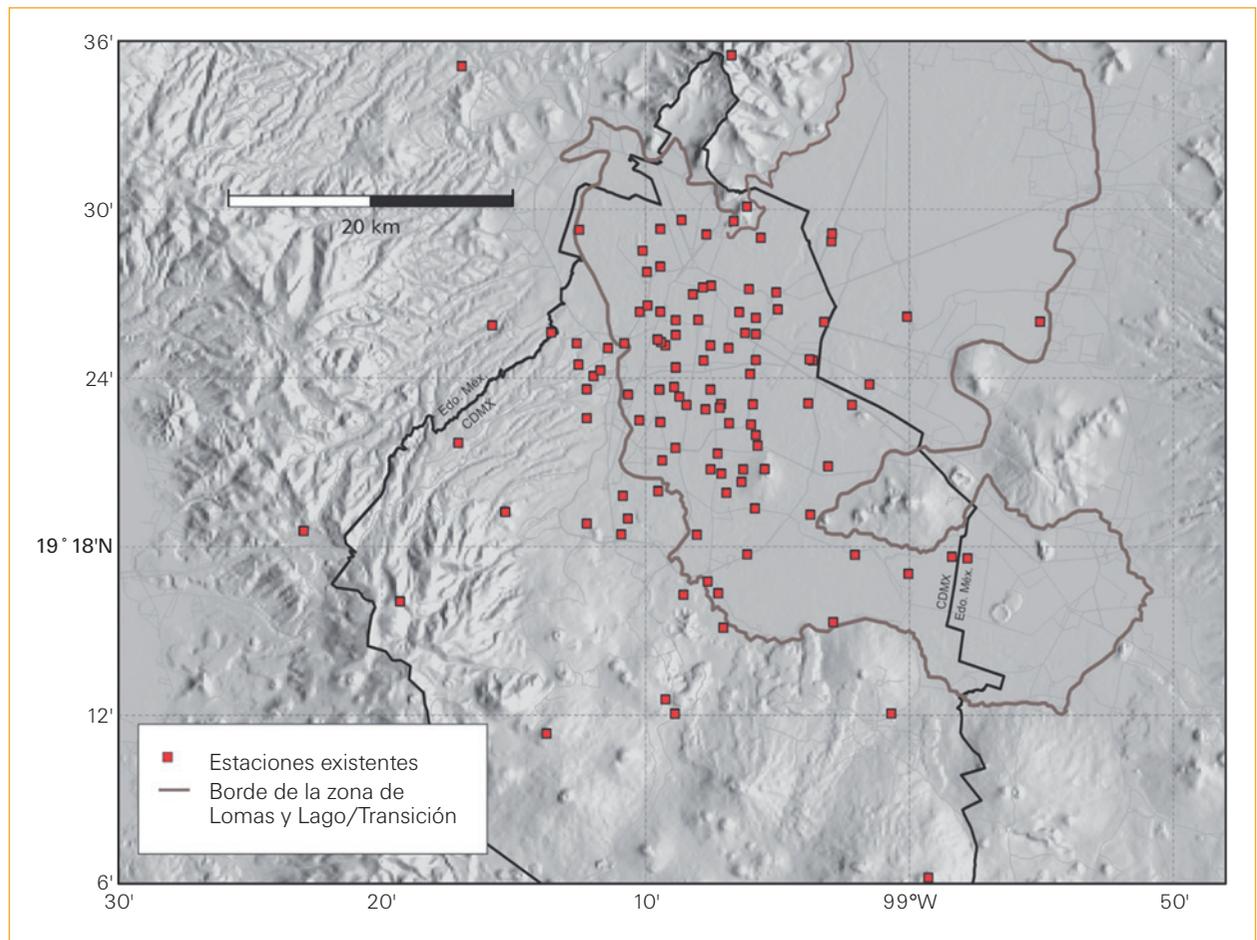


Figura 1. Estaciones sismológicas y acelerográficas que integran la Red Sísmica de la Ciudad de México.

provocan una alta actividad sísmica (Cruz-Atienza, 2013). Algunos de los sismos del último siglo han causado muchas pérdidas humanas y materiales, de manera sobresaliente en la CDMX. Los sismos de mayor magnitud que afectan a la ciudad ocurren en el contacto entre las placas de Cocos y de Norte América (**sismos interplaca**), frente a las costas de Michoacán y Guerrero. Éste fue el caso, por ejemplo, del devastador sismo del 19 de septiembre de 1985. Otros sismos ocurren más cerca de la ciudad y dentro de la placa de Cocos (**sismos intraplaca**), como el ocurrido el 19 de septiembre de 2017 (Cruz-Atienza *et al.*, 2017; Suárez *et al.*, 2017). Su **hipocentro** se ubicó a 51 km de profundidad, mucho más abajo que el de los sismos interplaca, que rondan los 16 km. La magnitud y la distancia epicentral son factores clave que determinan la intensidad del movimiento.

Sin embargo, en el caso de la CDMX, los efectos de los sismos también son resultado de las condiciones tan particulares del subsuelo en el que se encuentra asentada gran parte de la ciudad, y que corresponden a los sedimentos de los antiguos y extensos lagos que existieron en la Cuenca de México. La comprensión de este fenómeno y la ingeniería sísmica mexicana comenzaron a desarrollarse tras el sismo del 28 de julio de 1957, mejor conocido como el terremoto del Ángel, pues la sacudida que produjo en la ciudad derribó el monumento del Ángel de la Independencia. Así, el conocimiento acumulado hasta hoy por especialistas en sismología e ingeniería ha trascendi-

do de muchas maneras en beneficio de la sociedad (Pérez-Gavilán *et al.*, 2018).

Las sacudidas en la CDMX no sólo se deben a estos dos tipos de sismos (interplaca e intraplaca). La urbe también está expuesta a **sismos corticales**, que pueden ser incluso más cercanos y superficiales (véase la Figura 2). La CDMX se encuentra dentro de la Faja Volcánica Transmexicana, una expresión fisiográfica del vulcanismo resultante de la subducción de las placas de Rivera y de Cocos, que abarca desde Nayarit hasta Veracruz cruzando el país de poniente a levante. En ella se encuentra la mayoría de los volcanes activos de México y existe una gran cantidad de fallas geológicas activas como resultado de las fuerzas tectónicas en la región. Cercanas a la CDMX hay fallas de gran importancia, como la de Acambay-Tixmadejé, que produjo un sismo superficial de magnitud 6.9, el 19 de noviembre de 1912, a tan sólo 100 km de la ciudad, por lo que es el terremoto con magnitud superior a 6.0 más cercano a la capital desde 1900 (Cruz-Atienza, 2013).

Aunque de menor magnitud hasta el día de hoy, eventos sísmicos del mismo tipo han ocurrido dentro de la misma CDMX. La orografía de la región es particular y se distingue por sierras de gran altitud que circundan la urbe y donde se han reconocido varias fallas geológicas también activas. Por ejemplo, las fallas al poniente de la ciudad dieron lugar al mencionado sismo del 16 de julio de 2019 en la alcaldía Miguel Hidalgo, sacudida que dio arranque

Sismo cortical

Un temblor que ocurre dentro de la corteza terrestre.

Sismo interplaca

Un sismo que se presenta en el contacto entre dos placas tectónicas.

Sismo intraplaca

En general, un temblor que ocurre dentro de una placa tectónica. De manera particular, se les denomina así a los sismos que ocurren dentro de las placas subducidas y se encuentran a profundidad.

Hipocentro

Lugar donde se inicia la ruptura que genera el sismo; está dado por su ubicación en términos de latitud y longitud, así como por su profundidad.

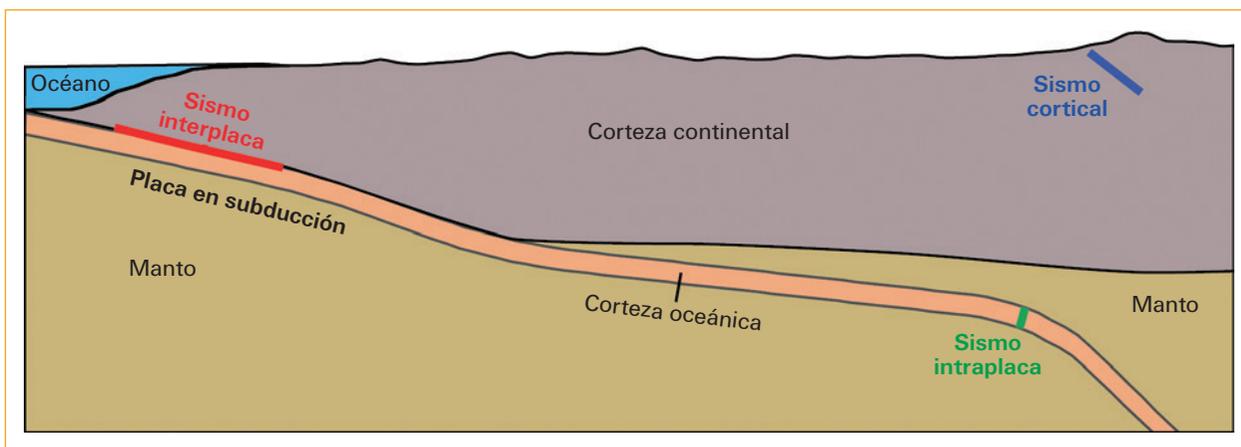


Figura 2. Tipo de sismos por su origen: interplaca (entre placas), intraplaca (dentro de la placa subducida) y cortical (dentro de la placa superior).

**Enjambre
sísmico**

Conjunto de sismos que ocurren en una zona delimitada durante un lapso relativamente breve. Las magnitudes de estos eventos son similares entre sí.

a la conformación de la RSCDMX. Asociados a este sismo, sucedieron otros de menor magnitud entre el 12 de julio y el 9 de agosto de 2019 ahí mismo, lo cual produjo un **enjambre sísmico** que consistió en 26 sismos con magnitudes entre 1.2 y 3.2, de acuerdo con el catálogo del Servicio Sismológico Nacional (SSN, 2020).

Es importante precisar que este tipo de actividad sísmica en la CDMX se ha presentado en otras ocasiones. Además, investigaciones científicas recientes muestran que, si ocurriera un sismo en un futuro con las mismas características que el de julio de 2019 pero de magnitud 5.0, lo cual es plausible considerando el tamaño de las fallas geológicas conocidas en la región, entonces el movimiento del suelo podría alcanzar intensidades altas cerca del epicentro y menores, pero cercanas a las experimentadas el 19 de septiembre de 2017 en los depósitos lacustres donde se asienta gran parte de la ciudad, aunque con una duración menor (Singh *et al.*, 2020).

■ ■ ■ **Las redes sismológicas en la Ciudad de México**

El Servicio Sismológico Nacional (SSN), que forma parte de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) desde 1929 y de su Instituto de Geofísica desde 1949, es la institución que mayor historia tiene en instrumentación sismológica en el país. En



1910 instaló uno de los instrumentos más antiguos de México en su Estación Central de Tacubaya. Éste y otros sismómetros similares registraron terremotos emblemáticos, como el de Acambay de 1912, el del Ángel de 1957, y el de Michoacán de 1985.

Como consecuencia del sismo de 1957, en 1960 se instalaron los dos primeros acelerógrafos en la CDMX; uno en la Alameda Central y otro en Ciudad Universitaria. Lo anterior dio origen a la Red Acelerográfica (RA) del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Los primeros registros sísmicos obtenidos corresponden a los temblores del 10 de diciembre de 1961 (magnitud 5.0) y los ocurridos en Acapulco en mayo de 1962, cuyos estudios hicieron evidente la gran utilidad de este tipo de información, entre otras cosas, para calibrar los modelos sobre el comportamiento de estructuras sometidas al movimiento sísmico, así como para entender las características de la propagación de las ondas sísmicas (Pérez-Gavilán *et al.*, 2018). Pero los devastadores terremotos de 1985 fueron registrados por no más de siete acelerógrafos en la zona metropolitana de la ciudad. A pesar de ello, esta escasa información ha sido muy relevante, ya que incluye los emblemáticos sismogramas de las estaciones ubicadas en la Secretaría de Comunicaciones y Transporte y en Ciudad Universitaria, que han sido usados en diversos textos científicos y de ingeniería en todo el mundo.

La instrumentación sísmica en la CDMX creció de manera significativa después de los terremotos de 1985. Ante la catástrofe de aquel septiembre lejano, surgieron importantes iniciativas que llevaron a la creación de la Red Acelerométrica de la Ciudad de México (RACM) en 1987, con 78 estaciones de movimientos fuertes a cargo del Centro de Instrumentación y Registro Sísmico (Cires). Asimismo, se estableció la Red de Observación Sísmica (ROS) del Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred) en 1989, con 11 acelerómetros (superficiales y de pozo) en la CDMX, con el auspicio del gobierno de Japón y de la UNAM (Gutiérrez *et al.*, 2005).

Posteriormente, a partir de los años 90 y hasta la fecha, la instrumentación sísmica de la ciudad ha seguido enriqueciéndose de forma paulatina con nuevas redes de observación y equipos más sofisticados.

dos en las redes existentes. El Instituto de Geofísica de la UNAM ha establecido la Red Sísmica del Valle de México (RSVM), hoy a cargo del SSN, que cuenta con 28 sismómetros ultrasensibles y 12 acelerómetros. Asimismo, la Unidad de Instrumentación Sísmica (UIS) del Instituto de Ingeniería de la UNAM ha mantenido y continúa el desarrollo de la RA, que en la actualidad cuenta con 24 acelerómetros en la CDMX.

Por otra parte, académicos de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) han instalado y operado cinco acelerómetros en las instalaciones de dicha universidad. Otros esfuerzos complementarios se llevan a cabo con el fin de instrumentar a las escuelas capitalinas y de educar a los jóvenes escolares gracias a la Red Sísmica del Bachillerato (RESBAC), desarrollada actualmente por el SSN, la cual estará conformada por sismógrafos de periodo corto y acelerómetros.

De esta manera, hoy existen cinco redes sismológicas permanentes e independientes operando en la CDMX. Éstas son: la RACM, con 81 estaciones acelerométricas; la RSVM, con 28 sismómetros ultrasensibles y 12 acelerómetros; la RA, con 24 acelerómetros; la ROS, con 11 acelerómetros; y la red de la UAM, con cinco acelerómetros. Es decir, hay 149 estaciones sismológicas operando actualmente, las cuales pronto serán complementadas con 20 estaciones más por parte de la RESBAC, para un total de 169 instrumentos en la ciudad.

■ ¿Por qué sumar esfuerzos?

■ Cualquier estrategia de prevención se basa en el conocimiento del fenómeno amenazante y de la sociedad misma (Cruz-Atienza, 2013). Gran parte de este conocimiento surge de la observación del fenómeno; es decir, viene de nuestra capacidad de caracterizar el peligro asociado, de tal forma que podamos cuantificarlo en su justa dimensión. Antes del terremoto de 1985, la ingeniería sísmica mexicana –que justificadamente gozaba del más alto reconocimiento internacional– consideraba que el reglamento de construcción vigente en la CDMX era sobradamente suficiente para resistir futuras sacudidas. Sin embar-



go, el 19 de septiembre de ese año, una realidad diferente se impuso de forma dramática. Esa mañana, unas 10 000 personas murieron en la capital del país bajo los escombros de cientos de edificios colapsados o seriamente dañados. ¿Por qué? La respuesta en realidad tiene varias aristas, pero destaca que el peligro sísmico se desconocía sustancialmente por falta de antecedentes y observaciones.

Desde entonces todo ha cambiado. Nuestro conocimiento actual del peligro sísmico en la ciudad es cada vez más detallado y mucho más fiel a la realidad (conocida), gracias a la instrumentación desplegada a raíz de esa desgracia. Esto, junto con la aplicación adecuada del reglamento de construcción vigente, ha permitido una reducción significativa de los daños en las estructuras durante los grandes sismos recientes (Suárez *et al.*, 2017). El reglamento actual es, por ende, considerado apropiado una vez más. Si bien es cierto que dicha normatividad es de las más confiables del mundo y reposa en estimaciones de peligro robustas, nunca estaremos exentos de un evento inédito. Por ello, el reglamento está sujeto a revisiones periódicas para incorporar los últimos conocimientos que se generen sobre el peligro sísmico (Pérez-Gavilán *et al.*, 2018; Cruz-Atienza, 2013). De este modo, se busca que un terremoto futuro no rebase las normativas de diseño estructural, como ocurrió en 1985. Por ello, con la integración de las cinco redes sismológicas existentes, la sismo-



logía e ingeniería mexicanas tendrán la oportunidad de postular escenarios sísmicos futuros como nunca antes se ha hecho para poner a prueba las medidas preventivas actuales. Es importante precisar también que miles de los edificios hoy habitados en la ciudad fueron edificados con reglamentación anterior a 1985 y que, sumado al daño que han acumulado por haber experimentado varios sismos intensos, podrían sufrir daños significativos en futuras grandes sacudidas (Suárez *et al.*, 2017).

En ese sentido, la respuesta óptima e inmediata de las autoridades después del próximo gran terremoto será esencial para minimizar las consecuencias que pueda tener la sacudida. Para ello es importante contar con información confiable y expedita sobre la magnitud y localización del sismo, así como de la intensidad del movimiento en la CDMX, lo cual conduzca a la toma de decisiones oportunas. La integración de las redes sísmológicas permitirá generar esta información de manera excepcional para entender, a escasos minutos después del sismo, qué fue lo que ocurrió y poder dimensionar rápidamente el evento. El SSN y la UIS de la UNAM son las entidades responsables de generar esta información en el país y en la CDMX. Sin embargo, hasta hoy sólo lo han podido hacer con información limitada en la capital del país.

La integración de la RSCDMX representa la continuación, de una manera coordinada y colaborativa,

del esfuerzo que durante muchos años realizaron diferentes instituciones de forma independiente. Esto, con la finalidad de dotar a la Cuenca de México hoy de una sólida infraestructura sísmológica que permita resolver problemas tan diversos como la estimación detallada del peligro sísmico en la CDMX, los estudios sobre la propagación de las ondas sísmicas y de las fuerzas tectónicas que dan lugar a los terremotos, la determinación de las propiedades físicas del subsuelo en la región, la simulación computacional de terremotos y sus posibles efectos en la infraestructura de la ciudad.

■ ■ ■ **Conformación de la Red Sísmica de la Ciudad de México**

■ La integración de las cinco redes sísmológicas representa un hecho sin precedente en la sísmología mexicana, gracias a un esfuerzo interinstitucional encauzado por su órgano rector, el Comité Asesor, constituido por expertos de todas las instituciones involucradas y miembros del Gobierno de la CDMX. Para poder llevar a cabo esta integración, es imprescindible que todas las estaciones sísmológicas cumplan con los estándares técnicos establecidos por el Comité Asesor. Así, los datos de la red permitirán el monitoreo sísmico continuo y la generación de información útil para la ciudad. Para ello, se requiere que todas las estaciones sísmológicas transmitan sus datos en tiempo real a un centro concentrador que, por su infraestructura y larga experiencia, será el SSN. Un diagnóstico detallado reveló que 105 de las estaciones requieren de alguna actualización en su infraestructura para cumplir con los estándares técnicos necesarios. Dicha actualización tecnológica permitirá tener registros sísmicos dentro de la capital del país para prácticamente cualquier sismo que supere los niveles de percepción, ya sea que ocurra dentro o fuera de la ciudad. Todo este esfuerzo se está llevando a cabo gracias al financiamiento de la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México, la cual, al formar la Red ECOS, ha demostrado un auténtico interés por realizar un esfuerzo interinstitucional en aras del conocimiento y de la población de la CDMX.

Se prevén dos acciones importantes en un futuro inmediato. La primera es la expansión de la red, con la instalación de más estaciones sísmológicas y acelerográficas en zonas de la ciudad en donde no se tiene una adecuada cobertura para el monitoreo y la caracterización de la sismicidad. La segunda es garantizar los fondos para la operación y el mantenimiento de la red ampliada por parte de las administraciones que sucedan a la actual.

El grupo de trabajo de la RSCDMX está integrado por:

Jorge Aguirre González

Coordinación de Ingeniería Sísmológica, Instituto de Ingeniería, UNAM.

joagg@pumas.iingen.unam.mx

Gilberto Castelán Pescina

Cenapred.

gilberto@cenapred.unam.mx

Víctor M. Cruz Atienza

Departamento de Sismología, Instituto de Geofísica, UNAM.

cruz.atienza@gmail.com

Juan Manuel Espinosa Aranda

Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A. C.

jm.espinosa@cires-ac.mx

Alonso Gómez Bernal

UAM Azcapotzalco.

agb@azc.uam.mx

Xyoli Pérez Campos

SSN, Instituto de Geofísica, UNAM.

xyolipc@sismologico.unam.mx

Luis Quintanar Robles

Departamento de Sismología, Instituto de Geofísica, UNAM.

luisq@igeofisica.unam.mx

Leonardo Ramírez Guzmán

Unidad de Instrumentación Sísmica, Instituto de Ingeniería, UNAM.

LRamirezG@iingen.unam.mx

Referencias específicas

Cruz-Atienza, V. M. (2013), *Los sismos. Una amenaza cotidiana*, México, La Caja de Cerillos Ediciones. ISBN: 978-607-8205-05-9.

Cruz-Atienza, V. M. (2018), “Cuando la Tierra tiembla y las certezas se tambalean”, *Revista de la Universidad de México*, 834:120-123.

Cruz-Atienza, V. M., S. K. Singh y M. Ordaz (2017), “¿Qué ocurrió el 19 de septiembre de 2017 en México?”, *Revista Digital Universitaria*, 18(7): en línea. Disponible en: <doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2017.v18n7.a10>, consultado el 9 de noviembre de 2020.

Gutiérrez, C. A., R. F. Quaas, M. Ordaz, E. Guevara, D. Muriá y S. Singh (2005), “Instrumentación Sísmica”, en *Sismos* (Serie Fascículos, pp. 28-36), México, Centro Nacional de Prevención de Desastres. Disponible en: <<http://cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/163-FASCCULOSISMOS.PDF>>, consultado el 9 de noviembre de 2020.

Krishna Singh, S., L. Quintanar-Robles, D. Arroyo, V. M. Cruz-Atienza, V. H. Espíndola, D. I. Bello-Segura y M. Ordaz (2020), “Lessons from a Small Local Earthquake (Mw 3.2) That Produced the Highest Acceleration Ever Recorded in Mexico City”, *Seismol. Res. Lett.* 91, 3391-3406, doi: 10.1785/0220200123.

Pérez-Gavilán J. J., J. Aguirre y L. Ramírez (2018), “Sismicidad y seguridad estructural en las construcciones: lecciones aprendidas en México”, *Salud Pública de México*, 60(1):s40-s50.

SSN (2020), “Reporte especial: Secuencia sísmica del 12 al 18 de julio de 2019, Cuenca de México (M 3.0)”, *Servicio Sismológico Nacional*. Disponible en: <http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/reportes-especiales/2019/SSNMX_rep_esp_20190712_CuencaDeMex_M25.pdf>, consultado el 9 de noviembre de 2020.

Suárez, G., S. Alcocer y V. M. Cruz-Atienza (2017), “Por quien doblan las alertas”, *Letras Libres*, 227: 14-20.

Marcela Meneses Reyes



Educación y trabajo: pilares de la ciudad

Se presenta el programa social Pilares y se revisan los informes institucionales para mostrar que su atención ha ido dirigida a personas jóvenes, a mujeres jefas de familia, a policías y a habitantes de las zonas que tienen mayores índices de marginación. Por último, se sugieren ajustes para un mejor funcionamiento del programa.

Introducción

La Ciudad de México (CDMX) enfrenta el reto de recuperar la gestión mediante el restablecimiento de políticas distributivas, dirigidas a la equidad y a la justicia social, con atención prioritaria hacia las poblaciones más vulnerables. Entre estas últimas predominan tres sectores clave identificados por el actual Gobierno de la CDMX para su atención: las personas jóvenes (de 15 a 29 años), las mujeres jefas de familia, y las personas que habitan en las zonas con más bajos índices de desarrollo social. Pensando en estos habitantes, se instituyó el programa Puntos de Innovación, Libertad, Arte, Educación y Saberes (Pilares), que consiste en la creación de 300 centros comunitarios en las zonas de mayor marginación de la capital, así como en las que tienen altos índices delictivos. Con este programa se espera atender a 200 000 jóvenes, pues, en palabras de la Jefa de Gobierno, Claudia Sheinbaum, “el objetivo del próximo Gobierno es hacer de la Ciudad de México una ciudad de derechos” (Navarro, 2018).

¿Qué son los Pilares?

Este programa social se implementa de manera territorial con la intención de convertirse en un referente de apoyo y acompañamiento para la población de la CDMX –en particular, para mujeres jefas de familia y para jóvenes de 15 a 29 años, habitantes de las zonas de mayor marginación y altos índices delictivos– tanto en el ámbito laboral como educativo. Por lo tanto, la apuesta está en hacer de la educación y el trabajo los dos pilares que sostendrán el acceso a los derechos y



a una vida digna para la ciudadanía. La dependencia responsable de su operación es la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (Sectei), mediante la Coordinación General de Inclusión Educativa e Innovación (CGIEI).

El programa está alineado con la Constitución Política de la Ciudad de México (2017), en sus siguientes apartados: el artículo 6, *Ciudad de libertades y derechos*, en particular con el derecho a defender los derechos humanos; el artículo 7, *Ciudad democrática*, en cuanto al derecho a la buena administración pública y el derecho a la privacidad y protección de los datos personales; el artículo 8, *Ciudad educadora y del conocimiento*, en lo que se refiere al derecho a la educación y el derecho a la ciencia y a la innovación tecnológica; el artículo 9, *Ciudad solidaria*, en especial el derecho a la vida digna; el artículo 10, *Ciudad productiva*, relacionado específicamente con el derecho al trabajo; el artículo 11, *Ciudad incluyente*, en lo referente a grupos de atención prioritaria y los derechos de las mujeres, de las personas jóvenes, con discapacidad, LGTBTTI, migrantes y sujetas de protección internacional, y de identidad indígena; así como el artículo 59, *De los derechos de los pueblos y barrios originarios y comunidades indígenas residentes*, en particular con relación al derecho a la educación. A su vez, el programa Pilares está alineado con la Ley de Desarrollo Social del Distrito Federal, bajo los 12 principios rectores para la creación de políticas sociales: universalidad, igualdad, equidad de género, equidad social, justicia distributiva, diversidad, integridad, territorialidad, exigibilidad, participación, transparencia y efectividad.

Pilares opera brindando asesorías, cursos y talleres de capacitación impartidos por facilitadores de servicios que fungen como jefas y jefes de taller, monitoras o monitores y talleristas, quienes siguen el objetivo de fortalecer e incrementar las capacidades y los conocimientos de todas las personas usuarias, con base en tres programas principales:

- Educación para la autonomía económica.
- Ciberescuelas.
- Beca Pilares.

Educación para la autonomía económica

El actual gobierno de la ciudad ha identificado que un problema social persistente es el de la inequidad del ingreso, desfavorable para las mujeres en comparación con los hombres, aunado al aumento de la cantidad de hogares monoparentales en los que predomina la jefatura femenina. Por ello, se ha propuesto

realizar acciones educativas y de formación para promover el fortalecimiento económico de las mujeres, jóvenes y de todas las personas mediante la inclusión digital, el aprendizaje de oficios, la formación para la producción de bienes y la prestación de servicios, la formación para el empleo, el autoempleo, el emprendimiento, el cooperativismo y el comercio digital (*Gaceta Oficial de la Ciudad de México*, 2019a).

El principal objetivo consiste en reducir los obstáculos que limitan el desarrollo de la autonomía económica; en especial, de las mujeres de la CDMX que



habitan en barrios, colonias y pueblos con bajo y muy bajo índice de desarrollo social, a partir de acciones educativas para el aprendizaje de oficios, la producción de bienes y servicios, el empleo, el emprendimiento, el cooperativismo y el comercio digital.

Ciberescuelas

Los antecedentes de este programa están en la entonces delegación Tlalpan, que en 2004 instaló una red de 22 Cyber Tlalpan en zonas de alta marginalidad en la demarcación, con el fin de facilitar el acceso a internet en espacios equipados con computadoras. Luego, en 2016 operó el programa Asesorías educativas presenciales y en línea en cibercentros de aprendizaje con jóvenes, Tlalpan 2016, que en 2017 cambió su nombre a Ciberescuelas.

Actualmente, los Pilares en la CDMX cuentan con una Ciberescuela para lograr el objetivo de que todas las personas, y en especial las y los jóvenes de entre 15 y 29 años, puedan concluir sus estudios de prima-

ria, secundaria, bachillerato y licenciatura. Asimismo, se instalarán Ciberescuelas en 35 sectores para policías que deseen alfabetizarse, iniciar o continuar sus estudios. Para ello, se brindarán asesorías, talleres y acciones de reforzamiento de aprendizajes proporcionadas por beneficiarios facilitadores de servicios en Ciberescuelas equipadas con computadoras y conectividad a internet, en apoyo al ejercicio del derecho a la educación. La meta es atender hasta a 300 000 beneficiarios finales de las Ciberescuelas en los Pilares, preferentemente jóvenes; hasta a 15 000 beneficiarios finales (policías) adscritos a los sectores de policías donde se instalarán las Ciberescuelas; así como otorgar apoyo económico hasta a 3 005 beneficiarios facilitadores de servicios que fungirán como docentes, talleristas, monitores y equipo técnico-administrativo que contribuirá a la operación del programa.

Beca Pilares

Uno de los principales problemas que enfrenta la población joven de la ciudad es el rezago educativo y abandono escolar por razones principalmente económicas. Por ello, el gobierno local diseñó un programa de becas destinadas a jóvenes de entre 15 y 29 años, inscritos en las Ciberescuelas de los Pilares, con el fin de ofrecer asesorías para que continúen con sus estudios de secundaria, bachillerato o licenciatura. Por lo tanto, este programa se alinea con el artículo 8, punto B, Sistema educativo local, de la Constitución Política de la Ciudad de México.

Para ser beneficiarias de una de estas becas es necesario que las personas estén inscritas en alguna de las siguientes modalidades educativas:

- Bachillerato Digital de la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación del Gobierno de la Ciudad de México.
- Prepa en línea de la Subsecretaría de Educación Media Superior de la Secretaría de Educación Pública.
- Preparatoria abierta de la Subsecretaría de Educación Media Superior de la Secretaría de Educación Pública.
- Examen de Certificación por Evaluaciones Parciales del Colegio de Bachilleres.



- Sistema de Enseñanza Abierta y a Distancia del Colegio de Bachilleres.

Ahora bien, el programa social Beca Pilares 2020 tiene como antecedente el programa denominado: Mi beca para terminar la prepa en Pilares 2019. La modificación esencial de este año consiste en la ampliación de la población objetivo, que ahora incluye a jóvenes de 18 a 29 años que tienen el bachillerato concluido y que no han continuado sus estudios de licenciatura o los tienen trancos, así como estudiantes de secundaria, cuya beca, que ha comenzado a otorgarse a partir de septiembre de 2020, se trabaja en coordinación con el Instituto Nacional para la Educación de los Adultos.

El objetivo principal del programa consiste en contribuir a reducir el abandono escolar mediante el otorgamiento de los siguientes apoyos económicos:

- \$800 pesos mensuales para hasta 12 000 jóvenes entre 15 y 29 años, que vivan en la CDMX, estén inscritos en secundaria o alguna modalidad del bachillerato (en línea, a distancia o abierta) y asistan a las Ciberescuelas de los Pilares durante un periodo de hasta 12 meses.
- \$1,200 pesos para hasta 5 745 jóvenes entre 18 y 29 años, que vivan en la CDMX, estén inscritos en alguna modalidad de licenciatura en instituciones y universidades públicas y asistan a las Ciberescuelas de los Pilares durante un periodo de hasta 11 meses contados a partir de febrero del año fiscal 2020.

Con este objetivo se contribuye a garantizar el derecho de las y los jóvenes a una educación con equidad, lo que implica la oferta de oportunidades para que quienes ingresen, permanezcan y egresen de los niveles medio superior y superior, alcancen los aprendizajes esperados.

■ ■ ■ **Convenio IPN-Pilares**

- Además de estos tres programas principales, el 13 de febrero de 2020 se firmó un convenio de colabo-

ración entre la Sectei y el Instituto Politécnico Nacional (IPN) para impartir la licenciatura de Contador Público en los Pilares, con el fin de “promover la igualdad de oportunidades de acceso a la educación superior de calidad y fomentar el desarrollo de la Ciudad de México” (Comunicado 022, 2020).

Para ello se planeó el ingreso de una primera generación de 300 alumnos en modalidad no escolarizada, preferentemente habitantes de las colonias prioritarias de atención (Estrategia 333), a quienes se les otorgará una beca de \$1,200 pesos con el fin de que puedan solventar sus estudios. Se impartirá en los Pilares y por medio de la plataforma educativa Polivirtual, y tendrá una duración de cuatro años.

■ ■ ■ **Sus primeros años**

- En un informe que comprende del 28 de enero al 17 de diciembre de 2019, el Gobierno de la CDMX dio cuenta de que se atendió a 846 048 personas en los Pilares establecidos o en las Brigadas de Pilares itinerantes que trabajan en las colonias donde aún no se ha construido el edificio para el programa. La gran mayoría de las personas atendidas pertenece a las alcaldías Iztapalapa, Álvaro Obregón y Gustavo A. Madero. De ellas:

- 3 854 fueron usuarias registradas en el programa Mi beca para terminar la prepa en Pilares, 2019; de esta población, fueron 2 375 (61.6%) mujeres y 1 479 (38.4%) hombres.
- 40 904 estaban registradas en Ciberescuelas; la mayoría (42%) en actividades académicas y otra parte (34%) en talleres de habilidades digitales.
- 22 167 correspondían al programa Autonomía económica; 86% en el área de aprendizaje de técnicas para la producción de bienes y prestación de servicios.

Para 2020 se cuenta con un informe que abarca del 2 de enero al 21 de marzo, fecha en la que se detuvieron las actividades públicas por razones de la pandemia de COVID-19, que nos obligó al confinamiento. Hasta esa fecha contaba con 115 Pilares en operación distribuidos en las alcaldías de la CDMX (véase la Fi-

gura 1). Hasta entonces se tenía el registro de 296 662 personas atendidas (76 941 usuarias; 32 702 inscritas; 6 295 becarias; 3 023 figuras educativas).

Posteriormente, durante el confinamiento se establecieron diversas actividades en línea a través de plataformas para videoconferencias, WhatsApp, correo electrónico y llamadas telefónicas. Del 23 de marzo al 13 de julio de 2020 se brindaron 121 743 atenciones a 15 780 personas usuarias y a 6 204 personas becarias, que consistieron principalmente en 151 cápsulas en redes, 118 cápsulas grabadas en los barrios por los equipos de los Pilares, 68 transmisiones en vivo y 42 transmisiones originadas en los barrios por los equipos de los Pilares. Los temas principales fueron: acompañamiento académico en

bachillerato; microtalleres de oficios; lectura, redacción, matemáticas, ciencia; así como habilidades emocionales.

Actualmente, conforme se van retomando las actividades en la medida que la pandemia lo permite, se tiene previsto que aumente el número de personas atendidas, dado que en agosto se lanzaron las segundas convocatorias de los programas. Asimismo, el equipo de los Pilares está trabajando en una agenda educativa pos-COVID-19 en los barrios, así como en las prioridades para la reapertura de los centros y la búsqueda de alternativas para apoyar a las y los jóvenes que no cuenten con equipo o conectividad para continuar con sus estudios en línea.

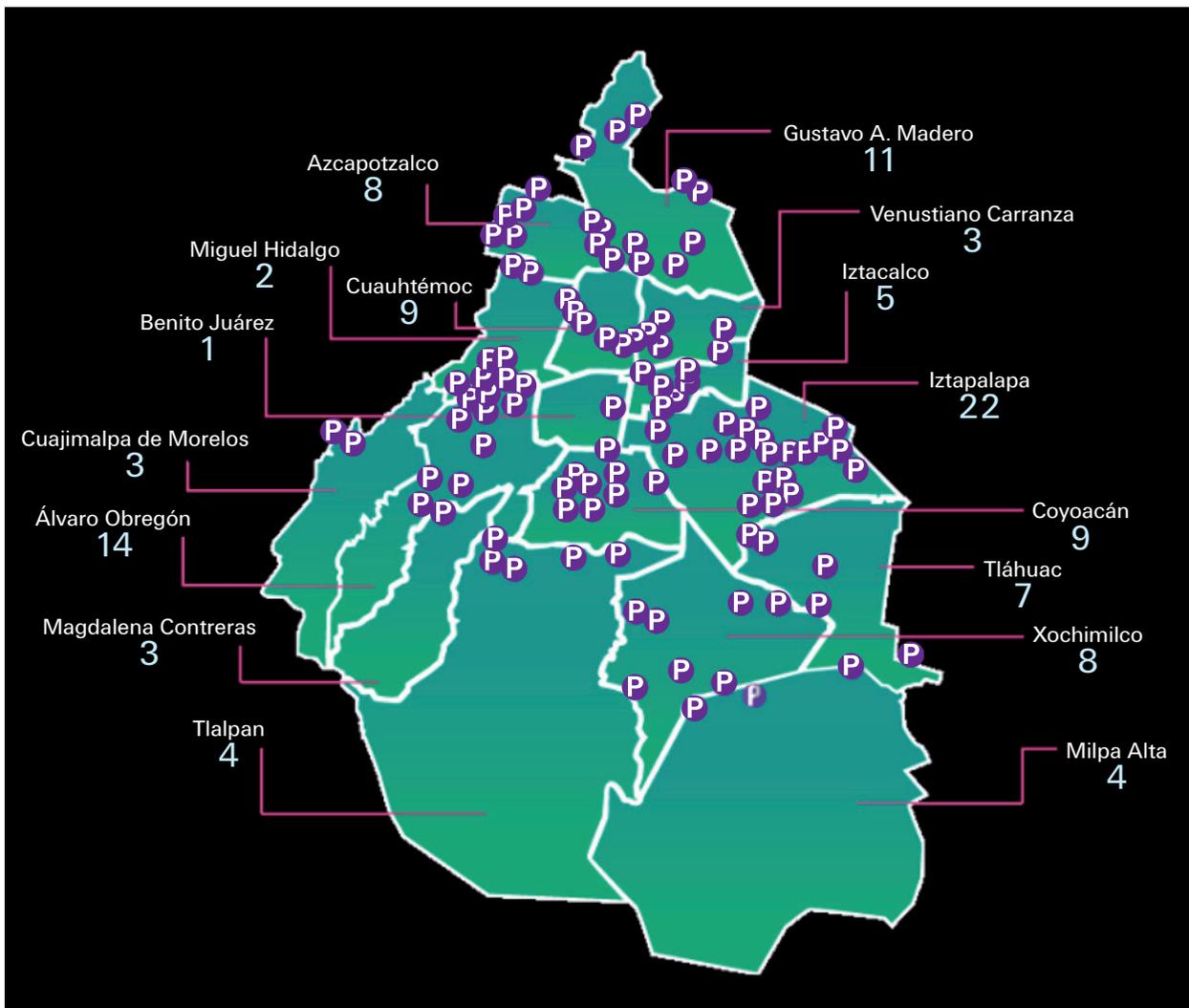


Figura 1. Mapa presentado en el Informe ejecutivo 2020.

■ Reflexiones finales

■ El programa Pilares se ha convertido en el centro de la atención a diversas poblaciones que hasta antes de su creación estaban dispersas en diversos programas e instancias. Por un lado, estaba el trabajo del Instituto Nacional de las Mujeres; por otro lado, la atención otorgada por el Instituto de la Juventud de la CDMX; más lejos aún, la atención territorial por medio de la Coordinación General de Participación Ciudadana. El reto ha sido identificar a las poblaciones prioritarias y ofrecerles un espacio físicamente reconocible en el cual puedan acceder a los diversos talleres, asesorías y servicios que finalmente servirán para fortalecer los ámbitos de la educación y el trabajo, en términos de profesionalización, actualización y aprendizaje de nuevas herramientas, así como acompañamiento académico y económico para quienes requieran continuar sus estudios.

De la planeación y de los resultados iniciales, se percibe que Pilares es el marco de referencia principal para el trabajo con jóvenes de la CDMX. No obstante su importancia, se encuentra una incompatibilidad entre el diseño del programa y la vigente Ley de los Derechos de las Personas Jóvenes en la Ciudad de México, que considera como jóvenes

—menores de edad— a las personas de 12 a menos de 18 años. Si los Pilares atienden a las personas de 15 a 29 años, considero que se descobija a la población de 12 a 14 años, que oficialmente es reconocida como joven, pero que no cabe en este programa por estar anclado a una ley obsoleta. Asimismo, propongo valorar que el tipo de herramientas y habilidades que se transmiten a los usuarios les sean verdaderamente útiles en el sentido de que les asegure sus derechos a la educación y a un trabajo digno; en particular, a las mujeres, a quienes se pretende acompañar en el proceso de paliar las desigualdades estructurales que enfrentan en relación con los varones. Por último, es de reconocerse la atención dirigida a las y los policías de los 35 sectores en los que operará el programa. Ojalá que sus resultados tengan un impacto positivo en la comunidad y que la relación entre esta institución y la población a la que deben brindar seguridad y protección se vea beneficiada.

Marcela Meneses Reyes

Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México.

marcela.meneses@sociales.unam.mx

Referencias específicas

Comunicado 022 (2020), “El IPN y el gobierno de la CDMX coordinan esfuerzos para ofrecer mayores oportunidades a los jóvenes”, Ciudad de México.
Gaceta Oficial del Distrito Federal (2015), Ley de los derechos de las personas jóvenes en la Ciudad de México.
Gaceta Oficial de la Ciudad de México (2019a), “Aviso mediante el cual se dan a conocer las reglas de operación del programa social Educación para la autonomía económica en Pilares, Ciudad de México 2019”.
Gaceta Oficial de la Ciudad de México (2019b), “Aviso mediante el cual se dan a conocer las reglas de operación del programa social Ciberescuelas en Pilares, 2019”.
Gaceta Oficial de la Ciudad de México (2019c), “Aviso mediante el cual se dan a conocer las reglas de operación del programa social Mi beca para terminar la prepa en Pilares, 2019”.
Gaceta Oficial de la Ciudad de México (2020a), “Aviso mediante el cual se dan a conocer las reglas de opera-

ción del programa social Educación para la autonomía económica en Pilares, 2020”.

Gaceta Oficial de la Ciudad de México (2020b), “Aviso mediante el cual se da a conocer la segunda Convocatoria del programa social Beca PILARES, 2020”.

Gobierno de la CDMX, Sectei, CGIEI (2019), *Informe ejecutivo Pilares*.

Gobierno de la CDMX, Sectei, CGIEI (2020a), *Informe ejecutivo Pilares*.

Gobierno de la CDMX, Sectei, CGIEI (2020b), *Informe Pilares en línea*.

Navarro, C. (2018), “Claudia Sheinbaum presenta programa Pilares, dedicado a jóvenes de escasos recursos”, *El Herald de México*, 27 de noviembre. Disponible en: <<https://heraldodemexico.com.mx/cdmx/claudia-sheinbaum-presenta-programa-pilares-dedicado-a-jovenes-de-escasos-recursos/>>, consultado el 13 de julio de 2020.



Novedades científicas
Desde las redes

Karla Sugay Moreno Martínez y Kelly Maribel Monja Mio



Cultivo *in vitro* de agaves

Por lo general, asociamos al agave con el tequila y el mezcal, bebidas mexicanas conocidas internacionalmente. Sin embargo, la importancia de estas plantas va más allá. El cultivo *in vitro* es una alternativa biotecnológica para dar solución a diversos problemas relacionados con su aprovechamiento, además de ser una base para el mejoramiento genético de estas especies.

Características

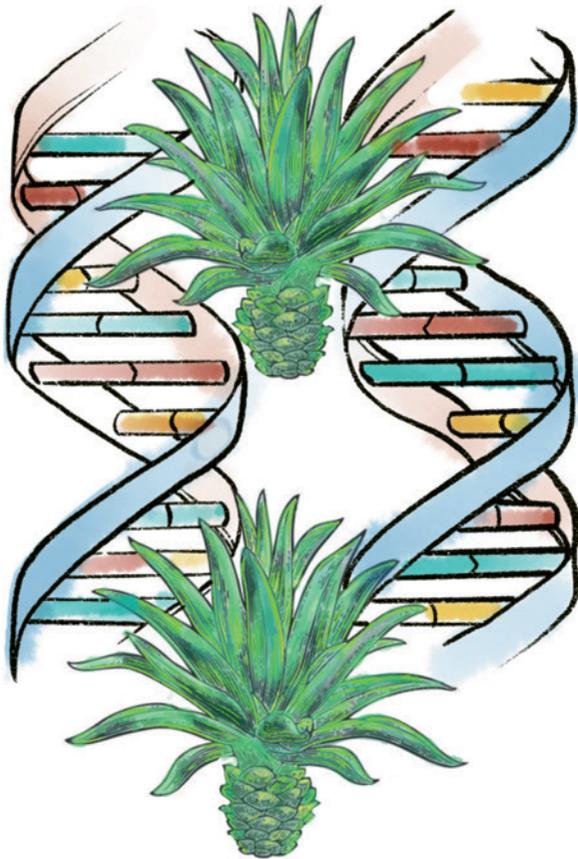
Desde hace varios años se han dedicado múltiples estudios científicos a los agaves, pues su existencia es de suma importancia para nuestro país. Estas plantas se distribuyen desde el sur de Canadá, con presencia en México, Centroamérica, islas del Caribe y hasta el norte de Sudamérica. Existen aproximadamente 211 especies de este género, de las cuales 75% se encuentran en el territorio mexicano, donde existe una amplia diversidad.

Los agaves poseen la característica de adaptarse a diferentes condiciones de temperaturas y prolongados periodos de sequías; por ello, son capaces de crecer en regiones con climas áridos y semiáridos (con muy baja humedad). Lo anterior se debe principalmente a que cuentan con un metabolismo ácido crasuláceo (CAM, por sus siglas en inglés); esto es, una especialización fisiológica que les permite reducir la pérdida de agua, ya que estas plantas abren sus **estomas** por la noche cuando las temperaturas son bajas y los mantienen cerrados durante el día. Otro factor que determina su crecimiento en diferentes zonas del país es la altitud. El mayor número de especies de agave se ha registrado entre los 1 000 y 2 000 metros sobre el nivel del mar; geográficamente, son abundantes en la península de Baja California, en Sonora y en la región del altiplano o Mesa Central.

Las hojas de estas plantas se desarrollan alrededor del tallo en forma de roseta. Sus colores pueden variar dependiendo de la especie, aunque por lo general se puede apreciar entre un tono verde pálido y un azul grisáceo; además, presentan bordes espinosos y una espina al final de cada hoja que puede llegar a medir

Estomas

Poros formados por células especializadas, que se encuentran en la epidermis de las hojas; éstos permiten el intercambio de gases y evitan la pérdida de agua.



varios centímetros. El tallo, comúnmente conocido como piña, es un órgano donde se almacenan los carbohidratos de la planta. También se presentan otras adaptaciones, como hojas suculentas, cutículas gruesas, ceras epicuticulares y raíces superficiales.

La reproducción de los agaves varía según sea la especie; algunas pueden reproducirse de forma sexual y asexual, mientras que otras sólo cuentan con un medio de reproducción para propagarse. La reproducción sexual se logra gracias a la polinización de las semillas del escapo floral, la cual se lleva a cabo por la acción de algunos insectos y animales nocturnos, como los murciélagos. Por otro lado, la reproducción asexual tiene dos mecanismos en los agaves: la formación de bulbillos en el escapo floral y el desarrollo de hijuelos en los rizomas (tallos subterráneos).

Por último, una de las características principales de estas plantas es que tienen un ciclo de vida largo, el cual, dependiendo de la especie, puede variar entre 10 y 25 años.

■ Aprovechamiento

■ Los principales productos que se obtienen a partir de los agaves son las bebidas alcohólicas y las fibras. Sin embargo, estas especies también son utilizadas como fuente de alimento, de saponinas e inulinas (**agavinas**) y como plantas ornamentales.

Para la producción de bebidas alcohólicas, se requiere un proceso para obtener las concentraciones de azúcares que se almacenan en la parte de las plantas conocida como piña. Entre las especies más utilizadas se encuentran *Agave tequilana* y *A. angustifolia*, para la producción de tequila y mezcal, respectivamente, las cuales, con el paso del tiempo, se han vuelto bebidas emblemáticas, por lo que cuentan con la denominación de origen. Sin embargo, hay más especies, como *A. cupreata*, *A. potatorum* y *A. americana*, entre otras, que también se utilizan como materia prima para la producción de mezcal.

Por otro lado, las fibras naturales se obtienen a partir de las hojas de *A. sisalana*, *A. fourcroydes* y del híbrido H11648 (del cual hablaremos más adelante). Estas fibras se aprovechan para la producción de cordeles, sacos y sogas, entre otros. La península de Yucatán se distingue por la producción de fibra obtenida principalmente de la especie *A. fourcroydes*, conocida como henequén (véase la Figura 1).

◀ Agavinas

Carbohidratos constituidos por polímeros de fructosa; se encuentran en los agaves y pueden ser utilizados como prebióticos.



■ **Figura 1.** Fibras obtenidas de las hojas de *A. fourcroydes* (henequén) en la península de Yucatán.

■ **Problemas**

■ A pesar de la gran importancia de los agaves para nuestro país, existen pocos estudios enfocados en el mejoramiento y la conservación de este cultivo. Los programas de mejoramiento genético en cualquier especie vegetal tienen como objetivo principal la aplicación de principios biológicos para poder aprovechar al máximo la variabilidad genética que existe entre las especies de plantas, lo cual se realiza mediante la vía sexual, con cruza y **retrocruzas**. En los agaves, estos programas son difíciles de desarrollar debido a sus largos ciclos de vida y a la compleja manipulación de las polinizaciones, por la forma de la planta y el tamaño de su inflorescencia, que puede ser mayor a 9 m en algunas especies.

En ciertos casos, cuando el agave se propaga de forma asexual, existe el riesgo de que estos clones sean susceptibles a enfermedades si la planta madre también lo es. Un ejemplo es la especie *A. tequilana*, en la cual se ha observado la pérdida de variabilidad genética, lo que la ha hecho vulnerable ante un cambio de su entorno. En cuanto a otras especies, existe una deforestación masiva de los individuos silvestres, debido a una alta demanda para la producción de bebidas alcohólicas. Tal es el caso de *A. cupreata*; esta planta suele ser tomada del campo antes de su floración y usarse para la producción del mezcal, por lo que su reproducción se ve afectada. Además, existe una gran demanda de material por parte de la industria, que requiere alternativas para la obtención de individuos de calidad sin que ello signifique depredar ni afectar las poblaciones naturales de estas especies.

■ **Cultivo *in vitro***

■ El cultivo *in vitro* se refiere a un conjunto de técnicas que consisten en cultivar un fragmento vegetal en un recipiente, bajo condiciones controladas y asépticas, con el objetivo de obtener plantas de calidad y libres de microorganismos. Una de las aplicaciones del cultivo *in vitro* es la micropropagación de individuos seleccionados o individuos *elite*, llamados así porque son elegidos según las características que se desean (resistentes a enfermedades, mayor tamaño de hojas, contenido de azúcares, entre otras).

Retrocruza

Cruzamiento entre un individuo de la primera generación con otro individuo de la generación parental.

Explante

Fragmento vegetal (segmentos de hoja, tallo, semilla, etc.) de la planta donadora, el cual será utilizado para iniciar un cultivo *in vitro*.

Brote adventicio

Estructura monopolar (solo presenta la parte apical) que se origina en el explante y mantiene conexión con el tejido donador.

Embrión somático

Estructura bipolar; es decir, que presenta ápice apical (que origina la parte aérea de la planta) y ápice radicular (que origina la raíz). No mantiene conexión con el explante.

Clona

Se refiere a todos los brotes obtenidos del explante de una misma planta.



Figura 2. Fotografía de un brote y un embrión somático germinado de *A. fourcroydes*.

A partir de un **explante**, las plántulas *in vitro* pueden ser obtenidas mediante el cultivo de brotes preformados (cultivo de yemas) o mediante dos rutas morfogénicas: la organogénesis (formación de **brotes adventicios**) y la embriogénesis somática (formación de **embriones somáticos**). Este conjunto de técnicas representa una gran solución para los problemas mencionados anteriormente (véase la Figura 2).

■ **¿Cómo se obtiene una clona de agave *in vitro*?**

■ La obtención de una **clona** de agave *in vitro* (en condiciones de laboratorio) y su aclimatación para transferirla a un ambiente *ex vitro* (en condiciones naturales) requiere un proceso para traer material del campo al laboratorio, y luego regresar este material del laboratorio al campo (véase la Figura 3). Este proceso se puede describir utilizando como modelo la vía organogénica.

■ **Del campo al laboratorio**

■ Para obtener una clona *in vitro*, lo primero es ir al campo y seleccionar una planta madre que cumpla con ciertas características para su aprovechamiento. Los hijuelos de los rizomas de la planta seleccionada serán llevados al laboratorio, ya que son plantas

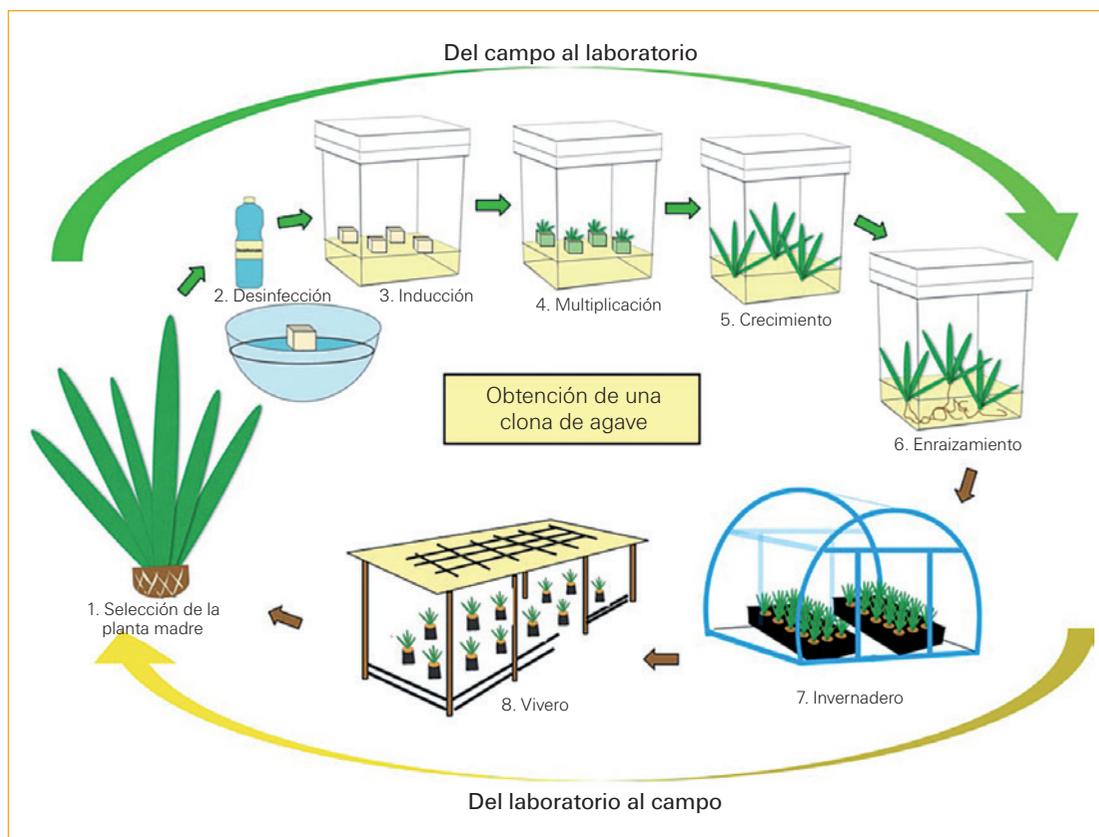


Figura 3. Proceso para la obtención de una clona de agave mediante la vía organogénica: 1) selección de la planta madre; 2) desinfección del explante; 3) inducción; 4) multiplicación; 5) crecimiento; 6) enraizamiento; 7) aclimatación en invernadero; 8) aclimatación en vivero para su regreso al campo.

jóvenes y genéticamente iguales a la planta madre, pues éstos surgen de la reproducción asexual.

A partir de los tallos de los hijuelos previamente seleccionados, se puede aprovechar una gran fuente de tejido meristemático (tejido encargado del crecimiento de la planta). El tejido obtenido debe ser desinfectado en soluciones químicas para reducir el riesgo de contaminación; el tejido que haya sido dañado en el proceso de desinfección se eliminará, y sólo quedará un pequeño cubo de tejido meristemático, denominado explante.

Ahora bien, una vez que se obtienen los explantes, es necesario cultivarlos en un recipiente con un medio de cultivo (una solución nutritiva con gelificante) y reguladores de crecimiento específicos (sustancias que actúan sobre el desarrollo de las plántulas), los cuales serán una vía para estimular la formación de brotes. Es importante incubar los explantes en condiciones específicas durante algunas

semanas hasta que se formen los nuevos brotes. La obtención de brotes varía debido a muchos factores, ya sea por la especie o por algunas condiciones en las que se tomó el explante.

Llegará el momento en que los brotes deban multiplicarse de forma significativa. Es aquí cuando serán cambiados a un medio fresco (subcultivo) para alcanzar el volumen de plantas que se desea propagar. Los pequeños brotes serán colocados en medios de cultivo y se incubarán durante algunas semanas hasta alcanzar el número deseado. Así como los brotes deben multiplicarse, también es importante que alcancen un tamaño adecuado, lo cual se logra incubándolos en un cuarto de cultivo con condiciones controladas que contribuyan a su desarrollo. Hasta aquí llegamos a la mitad del proceso, justo cuando el tamaño de las plántulas es el deseado; lo que sigue es inducir a la formación de raíces, con ayuda de medios de cultivo adecuados.

Del laboratorio al campo

Una vez que las plántulas *in vitro* han sido sometidas a la formación de la raíz, estarán preparadas para adaptarse a vivir en condiciones *ex vitro*, es decir, fuera del contenedor donde se encontraban y, a partir de ahora, en condiciones naturales. Esta fase no es muy fácil para las plantas, ya que durante el proceso de micropropagación tuvieron todas aquellas condiciones que necesitaban para sobrevivir en un cultivo *in vitro*; en cambio, en un cultivo *ex vitro*, la supervivencia dependerá de ellas mismas, pues ahora las condiciones de su crecimiento ya no serán controladas, estarán expuestas a diversos patógenos y tendrán que realizar fotosíntesis, entre otros cambios.

Una fase importante antes de llevarlas al campo es la aclimatación, la cual se realiza en invernaderos mediante la regulación de algunas condiciones de luz y de humedad. Después de unas semanas, las plantas estarán preparadas para su cultivo en un vivero, pero ya bajo condiciones similares a las del campo. Si nuestras plantas de agave logran sobrevivir y se encuentran sanas, entonces el proceso de micropropagación ha sido exitoso y las plantas estarán listas para regresar al campo (véase la Figura 4).

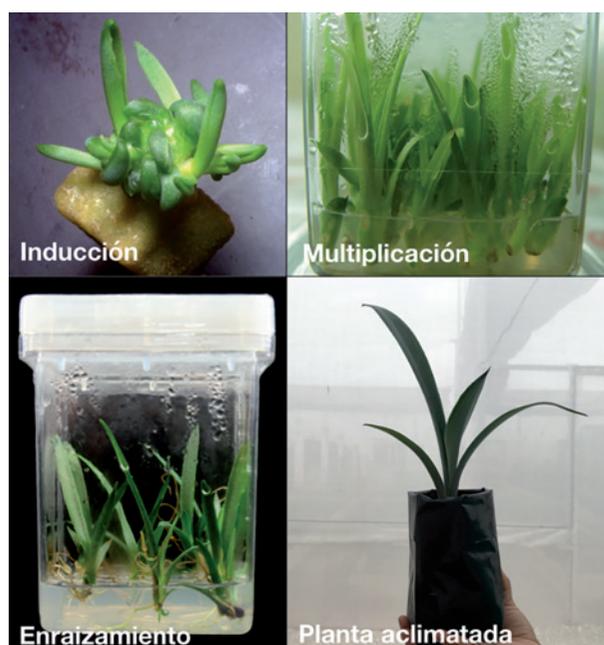


Figura 4. Fotografías de plantas de agaves en sus diferentes etapas de cultivo *in vitro*.

■ **Mejoramiento genético de los agaves**

Como ya se mencionó, el agave es una planta con características muy peculiares, que hacen complicada la existencia de programas para su mejoramiento genético. En la actualidad, sólo existe un programa de mejoramiento realizado con éxito en los agaves, el cual se basó en la cruce de diferentes especies para obtener plantas resistentes, con hojas de mayor tamaño y sin espinas, para mejorar la manipulación durante la obtención de fibras. La cruce que tuvo mayor efectividad en el comportamiento y desarrollo de la planta se derivó de una retrocruza de (*A. amaniensis* × *A. angustifolia*) × *A. angustifolia*, y el resultado fue llamado híbrido H11648, el más conocido y utilizado hasta la fecha para la producción de fibras.

Mediante las técnicas del cultivo *in vitro*, las plantas se están mejorando genéticamente desde el momento en el que se toma como punto de partida una planta *elite*, lo que podríamos denominar un mejoramiento genético por selección para su posterior micropropagación. En este proceso se pueden utilizar técnicas como la organogénesis y la embriogénesis somática para la clonación de individuos seleccionados. Además, estas dos vías de regeneración de plantas, en combinación con otras técnicas, como la transformación genética (introducción de uno o varios genes), la inducción de poliploides (obtención de individuos con mayor contenido cromosómico), la variación genética inducida por mutación (generación de cambios en la estructura génica), entre otras, pueden permitir la obtención de plantas mejoradas genéticamente que sean resistentes a enfermedades y que tengan mayor vigorosidad. En algunas especies de agave se han realizado estudios de transformación genética que emplean la embriogénesis somática y la inducción de poliploides mediante la organogénesis, con fines de mejoramiento genético. Sin embargo, aún falta mucho por estudiar y avanzar en este campo.

En resumen, tomando en cuenta que los agaves son plantas de ciclo de vida largo y de gran interés económico, el cultivo de tejidos representa una buena alternativa biotecnológica para la generación de una gran cantidad de plántulas de alta calidad



a partir de individuos seleccionados que pueden ser aprovechados por el sector industrial, lo cual evitará la depredación de poblaciones naturales. Además, es una gran herramienta para posibles programas de mejoramiento genético.

Karla Sugey Moreno Martínez

Instituto Tecnológico de Mérida.
karlasugey.morenom@gmail.com

Kelly Maribel Monja Mio

Centro de Investigación Científica de Yucatán.
kellymabel@hotmail.com

Referencias específicas

- García Mendoza, A. J. (2007), "Los agaves de México", *Ciencias*, 87:14-23.
- García Mendoza, A. J. *et al.* (2017), "Agave", en M. Gschaedler y A. Christine (coords.), *Panorama del aprovechamiento de los agaves en México*, México, AgaRed.
- Robert, M. L., J. L. Herrera-Herrera, E. Castillo, G. Ojeda, M. A. Herrera-Alamillo (2006), "An efficient method for the micropropagation of Agave species", *Methods in Molecular Biology*, 318(1):165-178.
- Robert, M. L., J. L. Herrera-Herrera, M. A. Herrera-Alamillo, A. Quijano y U. Balám (2004), *Manual for the in vitro culture of Agaves. Technical paper No 38*, Vienna, United Nations Industrial Development Organization.

Gloria Tapia Ramírez, Consuelo Lorenzo y Silvia F. Hernández Betancourt



Roedores, murciélagos y virus: ¿nos acecha algún peligro?

Aproximadamente 60% de las enfermedades de los seres humanos fueron transmitidas por otra especie animal. Este dato cobra relevancia cuando consideramos que la modificación del 70% de la superficie terrestre ha generado condiciones en las que las barreras entre los medios silvestre y humano son cada vez más endeble, lo cual pone en riesgo a la salud humana, animal y ambiental.

Desde hace algunos años las enfermedades infecciosas emergentes (EIE), como las ocasionadas por el virus del Ébola o el Hantavirus, ocupan los titulares en los principales medios de comunicación. Estas enfermedades llaman la atención del público por los signos y síntomas que generan, por las altas tasas de mortalidad y, en algunos casos, por el número de contagios en las poblaciones humanas.

Pero más aún, el anuncio de que los principales transmisores de estos virus son los roedores o los murciélagos origina una mayor presión sobre estos animales, ya de por sí estigmatizados por su aspecto, por su cercanía a nuestros hogares, porque se les relaciona con la suciedad o por los hábitos nocturnos que tienen. Sin embargo, ¿son estos pequeños mamíferos los responsables directos de la transmisión de enfermedades potencialmente mortales para los seres humanos? ¿Cuáles son las enfermedades transmitidas por roedores y murciélagos? ¿Qué factores desencadenan estas transmisiones? ¿Estamos bajo algún tipo de riesgo?

Cuando hablamos de enfermedades transmitidas de un animal vertebrado a otro (incluidos los seres humanos), hablamos de zoonosis o, más concretamente,

Nota: este artículo fue preparado tiempo antes de la pandemia por SARS-CoV-2, razón por la cual no se aborda el tema. Las autoras consideran que hacen falta investigaciones para concluir si alguna especie de murciélago es el reservorio de este virus; por lo tanto, prefieren no aventurar conclusiones.

te, enfermedades zoonóticas. La enfermedad no es ocasionada por el animal vertebrado, sino por un patógeno que dicha especie porta. De esta manera, en las zoonosis intervienen al menos tres agentes: el patógeno (que pueden ser virus, bacterias, hongos y parásitos, como helmintos), el reservorio (el vertebrado que en condiciones naturales porta el patógeno) y un hospedero final (puede ser la humana u otra especie animal).

En la mayoría de los casos, los reservorios sólo portan el virus y no presentan ninguno de los síntomas, lo que es importante para la persistencia de muchas de estas enfermedades en el medio silvestre. Algunos ejemplos son el VIH, la fiebre hemorrágica por Ébola y el síndrome pulmonar por Hantavirus. Si las EIE incrementan su incidencia y resurgen con más virulencia, se denominan enfermedades infecciosas reemergentes, ya sea porque se vuelven resistentes a los antibióticos o porque se desarrollan en nuevas áreas geográficas (como los recientes brotes de sarampión).

Los mamíferos representan el 80% de los reservorios involucrados en la transmisión de enfermedades infecciosas; de éstos, los más comunes son los roedores y murciélagos, dos grupos que incluyen a la mayoría de las especies de mamíferos del mundo, con aproximadamente 2277 especies de roedores y 1150 especies de murciélagos. El riesgo de la transmisión de enfermedades infecciosas ocasionadas por estos virus se incrementa si tomamos en cuenta lo abundantes que son sus reservorios.

■ ¿Qué hace a estos animales especiales para la transmisión de los virus?

■ Los roedores son reservorios de 57 familias de virus; los murciélagos, de más de 15 familias de virus. Primero, estas especies han evolucionado de forma conjunta con los virus, por lo que han desarrollado resistencia inmunológica. Segundo, debido a su capacidad de reproducción, los roedores tienen muchas crías y rápidamente alcanzan grandes tamaños poblacionales, lo cual favorece el número de contactos entre individuos e incrementa la posibilidad de transmisión de los virus. Por otro lado, en



los murciélagos, la capacidad de volar representa una ventaja, ya que pueden transportar a los virus por largas distancias; además, al volar, su temperatura incrementa, lo que favorece la respuesta inmune y controla la **viremia** (esto implica que no se enfermen).

Los roedores y murciélagos que pueden transmitir virus a los seres humanos tienen hábitos periurbanos; es decir, son animales que desarrollan su vida en la periferia de las casas, lo cual aumenta su interacción con la gente y la probabilidad de transmisión. Se ha documentado que los virus portados por roedores o por murciélagos son especie-específicos; esto es, cada especie de reservorio portará un tipo único y diferente de virus. Pero, además, los reservorios no portan sólo una especie de virus, sino que en una sola especie de reservorio se encontrará más de un tipo de virus que puede o no ocasionar alguna enfermedad infecciosa.

■ ¿Cómo ocurre la transmisión de virus hacia los humanos?

■ Se han sugerido dos rutas de transmisión de los virus que causan enfermedades infecciosas: en la

Viremia
Presencia de partículas virales infecciosas en la sangre.

primera, el roedor o el murciélago secreta pequeñas partículas del virus a través de sus excretas, orina o saliva (partículas aerolizadas). Cuando estas partículas son inhaladas por las personas, entran en contacto con sus mucosas, y por vía sanguínea pueden dar origen a la infección. Este tipo de contagio puede ocurrir cuando la gente limpia o barre sitios o nidos donde viven estos animales, ya que ahí orinan y defecan. En tanto, la segunda ruta de infección documentada es por contacto directo con fluidos, como saliva, mucosidades o sangre, o mediante mordeduras de individuos portadores, que suceden al momento de la preparación de estos animales para ser consumidos, práctica que aún llevan a cabo algunos grupos humanos.

■ **Enfermedades infecciosas emergentes transmitidas por murciélagos o roedores**

■ Los múltiples brotes epidémicos por EIE han llevado a que especialistas de distintas disciplinas –como biología, medicina, veterinaria, epidemiología, bacteriología, virología, entre otras– realicen investigaciones para descubrir las rutas de transmisión de los virus. Estas investigaciones incluyen, además, aspectos de la ecología de los reservorios, las causas y, en algunos casos, las medidas preventivas o paliativas. A partir de dichos estudios se sabe con precisión cuáles son los reservorios y las rutas de transmisión de muchas de las principales enfermedades emergentes o reemergentes, como las **fiebres hemorrágicas virales** (FHV), transmitidas principalmente por roedores y murciélagos (véanse la Tabla 1 y la Figura 1), que son las que cobran más vidas humanas en un menor tiempo.

Por ejemplo, la enfermedad que ocasiona el virus del Ébola es una de las mejor documentadas; su principal reservorio son los murciélagos frugívoros de la familia Pteropodidae. La mortalidad ocasionada por este virus impulsó en su momento investigaciones detalladas sobre los hábitos de las personas en las localidades donde los brotes de la epidemia ocurrían. Se supo entonces que, en algunos poblados rurales de República Democrática del Congo, los murciélagos de la familia Pteropodidae realizan migraciones

y en la época de fructificación de ciertas especies de árboles, son muy abundantes. Se identificó también que, debido a su gran tamaño y abundancia, los murciélagos representaban una buena, y probablemente única, fuente de proteína para los pobladores de esos lugares. Posteriormente, se descubrió que cuando la gente manipulaba a los murciélagos en la preparación para su consumo, se ponía en contacto con fluidos corporales, como sangre, saliva y mucosidades, entre otros, contaminados con el virus Ébola, y por eso se infectaban.

Estas historias son comunes en las localidades rurales que viven con carencia o poco acceso a servicios básicos: agua potable, drenaje o luz eléctrica. La transmisión de enfermedades emergentes es común debido a que la población tiene contacto directo con la fauna silvestre, de la cual hace un uso intensivo, lo mismo que de los recursos vegetales. Varios de los primeros brotes epidémicos por este tipo de enfermedades tuvieron lugar entre las décadas de 1960 y 1970, y fueron registrados por primera vez en el continente africano, donde las condiciones antes descritas son las que prevalecen, aunque luego aparecieron brotes también en otros continentes.

Adicionalmente, se considera que las constantes modificaciones a las que se ha sometido al planeta, como deforestaciones, urbanizaciones, tecnificación de la agricultura, que devienen en el cambio climático, han provocado que se haya incrementado el

Fiebres hemorrágicas virales
 ▶ Un grupo de enfermedades causadas por múltiples familias de virus. Los síntomas incluyen fiebres altas, dolores gastrointestinales, musculares o de articulaciones, y, en los casos más graves, abundantes hemorragias.

Tabla 1. Virus portados por roedores y murciélagos, algunos de los cuales han provocado enfermedades infecciosas en humanos.

Virus portados por roedores	Virus portados por murciélagos
Chapare	SARS-Coronavirus
Guanarito	MERS-Coronavirus
Whitewater Arroyo	Rabia
Junin	Retrovirus
Lassa	Reovirus
Lujo	Influenza A
Machupo	Ébola
Hantavirus	Encefalitis Equina del Oeste
Flavivirus	Fiebre del Valle del Rift
Retrovirus	Virus del Oeste del Nilo

Con información de Wang y Cowled (2015) y Blumberg y cols. (2013).

¿Cómo se transmiten las EIE ocasionadas por virus portados por roedores?

Un roedor infectado con el virus lo secreta a través de pequeñas partículas en sus heces, orina o saliva. Estas partículas pueden ser inhaladas por las personas cuando limpian o barren un sitio en el que habitan roedores infectados.

EIE ocasionadas por virus portados por murciélagos:

¿Cómo se transmiten las EIE ocasionadas por virus portados por murciélagos?

● Fiebre Hemorrágica por virus Ébola (1976). Los murciélagos reservorios transmiten el virus a las personas a través de fluidos corporales como sangre, mucus o saliva, al momento de ser manipulados para su consumo.

EIE ocasionadas por virus portados por roedores:

- Síndrome Pulmonar por Hantavirus (HSP), (1993)
- Fiebre Hemorrágica con Síndrome Renal por Hantavirus (HFRS), (1978)
- Fiebre Hemorrágicas Americanas por Arenavirus, (1959)
- Fiebre Hemorrágicas Americanas por Arenavirus/HPS
- Fiebre Lassa, (1969)
- Fiebre Lassa/Fiebre Hemorrágica por virus Ébola



Figura 1. Distribución geográfica de las enfermedades infecciosas emergentes (EIE) ocasionadas por virus portados por roedores o murciélagos y que han ocasionado brotes epidémicos en el mundo. Se incluye una breve descripción de la ruta de transmisión, los porcentajes de mortalidad y los nombres de las especies que son reservorios de los virus causantes de las EIE.

contacto con los animales que fungen como reservorios de virus que pueden causar EIE; pero no sólo eso, ya que otras actividades humanas, como los vuelos trasatlánticos y el comercio internacional, hacen de nuestro mundo un lugar cada vez mejor conectado, que mueve no sólo personas, sino también enfermedades y los virus, bacterias, hongos o parásitos que las provocan.

Asimismo, se ha documentado que los brotes epidémicos no sólo están relacionados con las actividades humanas, sino también con la propia ecología de los reservorios (que igualmente cambia al modificarse el ambiente donde viven). Se conoce, por ejemplo, que en el caso de los roedores que son reservorios de virus que ocasionan fiebres hemorrágicas, los brotes epidémicos coinciden con la temporada de cosecha, cuando hay más alimento disponible y cuando las poblaciones de estos animales incrementan. Se puede suponer que, al haber más roedores en una población, el número de contactos con las personas aumenta, y con ello incrementa la prevalencia del virus, así como la probabilidad de transmisión a la población humana.

¿Qué ocurre en México?

En México se habla de dos episodios de brotes epidémicos por EIE asociadas a roedores. El primero aconteció después de la Conquista y tuvo repeticiones entre 1547 y 1642. Se ha sugerido que lo que se supone fue una fiebre hemorrágica viral tuvo su origen en un arenavirus, una familia de virus que hasta hace algunos años se consideraban portados exclusivamente por roedores, aunque ahora se sabe que también algunas especies de reptiles son reservorios. No obstante, se considera que el reservorio de los virus que produjeron aquellas fiebres podría ser una especie de roedor **cricétido**. Los brotes ocurrieron en el centro del país y, junto a otras enfermedades virales desconocidas para la población indígena (como sarampión y viruela), diezmaron a casi la mitad de la población en ese entonces (Acuna-Soto y cols., 2000).

El otro brote epidémico ocurrió en Chiapas en 1967 durante la temporada de lluvias, cuando se registraron 20 decesos (tanto de niños como de adultos). Esta epidemia se ha atribuido también a un arenavirus, cuyo reservorio fue el roedor *Peromyscus mexicanus*, que pertenece a la familia de los cricéti-

Cricétidos

Familia de roedores (*Cricetidae*) que tiene casi 600 especies, incluidos hámsteres, ratas campestres, lemmings (*Lemmings*) y ratones de América. Es la segunda familia de mamíferos más numerosa en el mundo.

dos, muy abundante en el estado. Se ha establecido que las prácticas agrícolas de roza, tumba y quema dejaron grandes extensiones de terreno sin la cobertura vegetal original, lo que se sumó al hecho de que, unos tres años antes de la epidemia, grandes extensiones de selva fueron eliminadas para realizar actividades agrícolas y ganaderas. También ocurrieron fuertes fumigaciones para combatir la malaria, las cuales acabaron con la población de gatos; ambos factores provocaron un incremento en el número de roedores. Asimismo, se sugiere que la práctica de consumir roedores –extendida en la población tzeltal que vive en Chiapas– pudo ser un factor más para la transmisión del patógeno. Recientemente no se han registrado nuevos casos, pero el riesgo permanece, pues en el sureste mexicano se ha confirmado la presencia de al menos 27 especies de roedores y más de 40 de murciélagos que son portadoras de distintos virus zoonóticos potenciales causantes de EIE.

■ **Factores que desencadenan estas transmisiones**

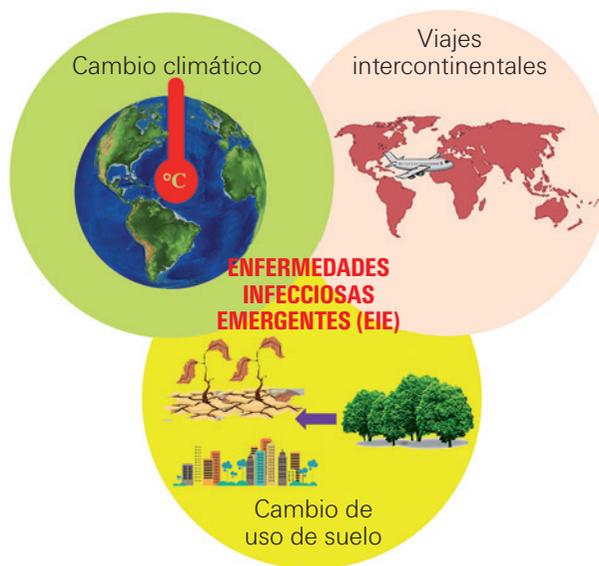
■ La aparición de este tipo de EIE está relacionada con dos factores principales: primero, la presencia del reservorio, la cual está fuertemente ligada a las condiciones ambientales de precipitación, temperatura y tipo de vegetación; segundo, el disturbio ambiental, que modifica las distribuciones de las especies que son reservorios. Sin embargo, no son los únicos factores y, de hecho, éstos se entrelazan con una serie de otras circunstancias en el mundo, que van desde la globalización, el uso de nuevas tecnologías en las actividades agrícolas, el estilo de vida actual (que incluye viajes trasatlánticos), hasta el cambio climático (véase la Figura 2). Todos en conjunto forman una especie de caja de Pandora que requiere nuestra atención.

Actualmente los disturbios ambientales son el principal motor de cambio de los paisajes naturales. Un disturbio ambiental es “cualquier evento relativamente discreto en el tiempo que rompe la estructura del ecosistema, la comunidad o la población y cambia la disponibilidad de recursos, de sustrato o el ambiente físico” (Turner, 2010). Ejemplos de dis-

turbios ambientales provocados por las actividades antropogénicas son la deforestación, la minería, la ganadería intensiva y, en general, los cambios de uso de suelo. Los disturbios muchas veces generan pérdida de biodiversidad, lo que deriva en un incremento en la proporción de especies de mamíferos generalistas (especies que se alimentan de diferentes frutos, semillas e insectos); por lo consiguiente, disminuye la diversidad de especies de mamíferos especialistas (que tienen requerimientos de hábitat y alimentación restringidos). Lo anterior incrementa el riesgo de EIE de origen zoonótico. La nueva dinámica a la que dan paso los disturbios en estos ambientes propicia la oportunidad de que los virus infecten a un nuevo hospedero incidental (animales domésticos o seres humanos) y se produzca un brote epidémico.

■ **¿Estamos bajo algún tipo de riesgo?**

■ La investigadora estadounidense Barbara A. Han y sus colaboradores (2015) proponen que en los países ubicados de la región tropical del mundo, entre los 40°N y 40°S (donde se incluye México), existe mayor riesgo de desarrollo de EIE de origen zoonótico. En esta zona de riesgo están los países biológicamente más biodiversos, en vías de desarrollo y con tasas de marginación y crecimiento poblacional humano



■ **Figura 2.** Factores que inciden en la emergencia de enfermedades infecciosas.

más elevadas. Además, existe una correlación entre la emergencia de enfermedades zoonóticas y las altas densidades poblacionales humanas; los especialistas en ecología de las enfermedades proponen que entre más personas haya en un área, la transmisión de EIE se verá mayormente favorecida (Han y cols., 2015). Por lo anterior, al haber altas tasas de marginación y pobreza, será casi imposible realizar el diagnóstico oportuno.

Asimismo, de acuerdo con el zoólogo británico Peter Daszak (2000), es necesario realizar estudios multidisciplinarios que conduzcan al entendimiento de cómo los cambios ambientales, las actividades humanas, los modos de producción agrícola, la demografía y la economía alteran la transmisión de patógenos en el ciclo de interacción humanos-vida silvestre, ya que la presencia de reservorios, y los virus que portan, representa una amenaza para la biodiversidad y, en consecuencia, para la salud y el bienestar de la especie humana.

Es necesario comprender de manera anticipada la respuesta ecológica de los reservorios de virus causantes de EIE en un ambiente que está en constante cambio, por lo que se reconoce la urgencia de generar conocimiento sobre cómo el disturbio ambiental ocasionado por las actividades antropogénicas ha resultado en cambios de los ambientes naturales, y cómo éstos afectan a las poblaciones y la distribu-

ción de pequeños mamíferos que son reservorios de virus. Si se logra entender la ecología de los reservorios y su relación con las enfermedades que transmiten, será más fácil identificar las áreas de riesgo potencial de las enfermedades virales endémicas, lo que permitirá tener un conocimiento preciso de los riesgos para las poblaciones humanas y plantear estrategias de control.

Por último, es importante destacar que los roedores y murciélagos cumplen un papel fundamental en los ecosistemas al ser dispersores de semillas y de polen, así como consumidores de insectos que podrían ser transmisores de otras enfermedades. Por estas razones, es importante preservar su ambiente y procurar su conservación.

Gloria Tapia Ramírez

Programa de Doctorado en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable de El Colegio de la Frontera Sur.
gloria.tapia@estudianteposgrado.ecosur.mx

Consuelo Lorenzo

El Colegio de la Frontera Sur.
clorenzo@ecosur.mx

Silvia F. Hernández Betancourt

Universidad Autónoma de Yucatán.
hbetanc@correo.uady.mx

Referencias específicas

- Acuna-Soto, R., L. Calderón Romero y J. H. Maguire (2000), "Large epidemics of hemorrhagic fevers in Mexico 1545-1815", *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 62:733-739.
- Blumberg, L., D. Enria y D. G. Bausch (2013), "Viral Haemorrhagic Fevers", en J. Farrar, P. J. Hotez, T. Junghanss, G. Kang, D. Lallo y N. White (comps.), *Manson's Tropical Diseases*, China, Elsevier Health Sciences, pp. 171-194.
- Daszak, P. (2000), "Emerging Infectious Diseases of Wildlife-Threats to Biodiversity and Human Health", *Science*, 287(5452):443-449.
- Han, B. A., J. P. Schmidt, S. E. Bowden y J. M. Drake (2015), "Rodent reservoirs of future zoonotic diseases", *Proceedings of National Academy of Sciences*, 112:7039-7044.
- Jones, K. E., N. G. Patel, M. A. Levy, *et al.* (2008), "Global trends in emerging infectious diseases", *Nature*, 451(7181):990-993.
- Kaslow, R. A., L. R. Stamberry y J. W. LeDuc (2014), *Viral Infections of Humans: Epidemiology and Control*, Estados Unidos de América, Springer.
- Morse, S. S., J. A. Mazet, M. Woolhouse, C. R. Parrish, D. Carroll, W. B. Karesh, C. Zambrana-Torrel, W. I. Lipkin y P. Daszak (2012), "Prediction and prevention of the next pandemic zoonosis", *Lancet*, 380(9857):1956-1965.
- Turner, M. G. (2010), "Disturbances and landscapes dynamics in changing world", *Ecology*, 91:2833-2849.
- Wang, L. y C. Cowled (2015), *Bats and viruses: a new frontier of emerging infectious diseases*, Estados Unidos de América, Wiley Blackwell.

Alejandra Vera Aguilar, Joaquín Murguía González y Régulo Carlos Llarena Hernández



Las orquídeas mexicanas: laelias



Las orquídeas del género *Laelia*, además de bellas, componen un rico acervo económico y cultural en México. Sin embargo, su explotación amenaza los ejemplares silvestres. Analizamos su importancia histórica y algunas estrategias biotecnológicas de conservación, como el cultivo *in vitro*, el uso de micorrizas asociadas y la introducción a cafetales. Es necesario poner en marcha estas alternativas para conservar su diversidad.

Epífita

Planta que realiza su ciclo biológico sobre otro vegetal, al cual utiliza únicamente como soporte.

Las laelias son uno de los géneros de orquídeas epífitas silvestres más hermosos por sus atractivas flores. En su mayoría, habitan por lo regular en árboles del género *Quercus* (encinos), aunque también las podemos encontrar en árboles de otras especies. Las laelias pueden adaptarse con facilidad a diferentes ambientes, desde los climas secos hasta las montañas frescas, húmedas y de niebla. La mayoría de las especies se distribuye en el occidente del país; no obstante, *Laelia anceps* y *L. speciosa* se pueden encontrar en la costa del Golfo de México (véase la Figura 1), donde *L. anceps* es la más importante desde el punto de vista cultural y económico, además de que es muy común observar la belleza de sus flores en variados colores en los bosques de niebla durante la época invernal (véase la Tabla 1).

Por generaciones, los grupos indígenas han utilizado y cultivado el género *Laelia* para elaborar altares, ofrendas y adornos. Aunque el significado no está claro, su nombre fue acuñado por el botánico inglés John Lindley en 1831, quien lo atribuyó a una de las vírgenes de la antigua Roma refiriéndose a su belleza, por lo cual esta flor es sinónimo de respeto, elegancia y –sobre todo– belleza. Las flores, que van desde un morado intenso, un lila o rosa sutil, combinadas o hasta un blanco brillante, forman parte esencial de lo que representan.

En México se han clasificado 12 especies y dos subespecies de este género (véase la Figura 2): *L. albida*, *L. anceps* (*L. anceps* ssp. *anceps*/*L. anceps* ssp. *dawsonii*), *L. aurea*, *L. autumnalis*, *L. crawshayana*, *L. eyermaniana*, *L. furfurácea*, *L. gouldiana*, *L. rubescens*, *L. speciosa*, *L. superbiens* y *L. halbingiana*.

Importancia cultural y sus nombres comunes

Las laelias han sido muy representativas en diversas celebraciones culturales y religiosas, como bautizos y bodas, así como en otras fiestas dedicadas a los santos de las iglesias en los pequeños pueblos o a las vírgenes, como la virgen de Guadalupe el 12 de diciembre y la virgen de Juquila en Oaxaca, adornada por *L. anceps* ssp. *dawsonii*, la cual es una flor blanca bellísima, representativa de pureza, grandeza y –además– muy escasa en la naturaleza. Dicha laelia fue cultivada por la comunidad de los triquis del sur de Oaxaca desde 1892.

Asimismo, varias especies de laelias han estado presentes en acontecimientos importantes y festividades de la cultura mexicana. A continuación, mencionamos algunas especies y los lugares donde se reporta esta tradición:



Figura 1. Distribución geográfica de las laelias de México (Halbinger y Soto, 1997; Salazar y cols., 2014).

Tabla 1. Épocas de floración de especies de laelias (Halbinger y Soto, 1997; Salazar y cols., 2014).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<i>Laelia albida</i>												
<i>L. anceps</i> (<i>L. anceps</i> ssp. <i>anceps</i> y <i>L. anceps</i> ssp. <i>dawsonii</i>)												
<i>L. aurea</i>												
<i>L. autumnalis</i>												
<i>L. crawshayana</i>												
<i>L. eyermaniana</i>												
<i>L. fufurácea</i>												
<i>L. gouldiana</i>												
<i>L. rubescens</i>												
<i>L. speciosa</i>												
<i>L. superbiens</i>												
<i>L. halbingiana</i>												

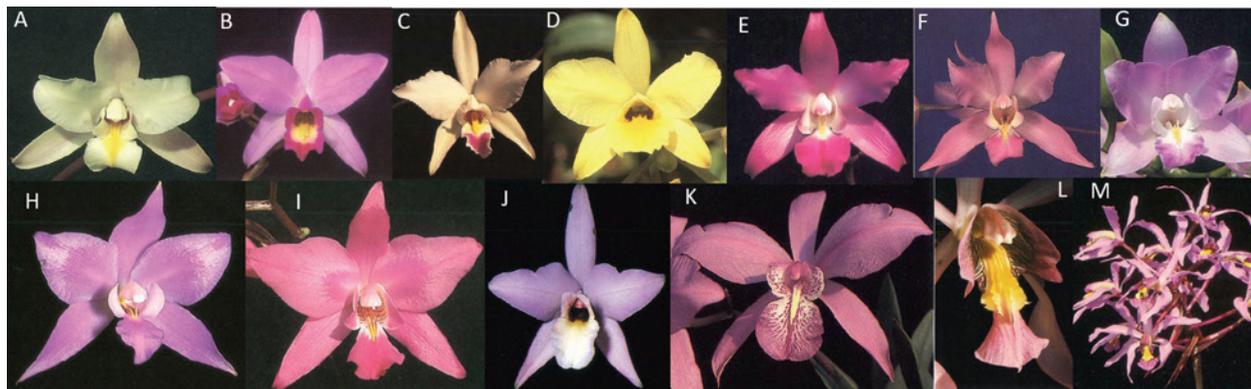


Figura 2. Laelias de México (en orden, de la A a la M): *Laelia albida*, *L. anceps* ssp. *anceps*, *L. anceps* ssp. *dawsonii*, *L. aurea*, *L. autumnalis*, *L. crawshayana*, *L. eyermaniana*, *L. fufurácea*, *L. gouldiana*, *L. rubescens*, *L. speciosa*, *L. superbiens* y *L. halbingiana* (Halbinger y Soto, 1997; Salazar y cols., 2014).

- En Chilapa, Guerrero, se adornan las tumbas de los cementerios con laelias. En esa región se las conoce como “calaveritas”, debido a la semejanza de la forma de la flor con una calavera; además, el color morado representa el luto y la muerte. En otras partes, como Veracruz, la han llamado lirio de todos los santos o flor de las ánimas.
- En Michoacán, en Morelos y en la zona de Ocuilán y Amecamea, en el Estado de México, las utilizan para adornar las iglesias en la misma temporada, por lo cual se conocen como flor de los muertos o de todos santos (*L. autumnalis*).
- En Oaxaca, la flor de tatananche (*L. albida*) y la huichila o lirio de san Francisco (*L. furfurácea*) adornan las tumbas, altares y nacimientos en la época navideña. En el norte de Oaxaca se utiliza *L. halbingeriana* en altares para la celebración de todos los santos.
- En Metztlilán, Hidalgo, se usa la flor llamada sanctorum (*L. gouldiana*) para venerar a los santos. Asimismo, la flor de mayo o corpus (*L. speciosa*) adorna la celebración del día de las madres, o bien se usa para realizar arreglos y decorar las yuntas durante la celebración de la llegada de las lluvias el 15 de mayo en la fiesta de san Isidro Labrador, patrono de los agricultores.
- En los pueblos de Durango utilizan la flor de Miguel (*L. eyermaniana*) para la celebración de la fiesta de san Miguel, el 29 de septiembre.
- En Chiapas utilizan a *L. superbiens* para celebrar el día de la Candelaria, el 2 de febrero, y para la fiesta de san Sebastián.
- En el México precolombino, se utilizaban las laelias para elaborar artesanías, adornos y alimentos (dulces artesanales conocidos como alfeñiques y calaveritas) con el **mucílago** (*tzauhtli* o *tzacutli*) adhesivo extraído de los **pseudobulbos** de la planta, antiguamente utilizado por los purépechas.

■ ■ ■ **Situación actual**

■ Muchos ejemplares de laelias se venden en los diferentes mercados del país; su precio va desde \$100 hasta \$1,000 pesos mexicanos, dependiendo de la facilidad de extracción y existencia de la planta en

condiciones naturales (véase la Figura 3A). En ocasiones, la extracción ha sido tan alta que ha provocado disminuciones considerables de muchas poblaciones de plantas, al punto de dejar sin flores a los bosques en plena temporada. Por ejemplo, en la región de Coatepec en Veracruz, las personas de la localidad reportaban la extracción de pseudobulbos y de plantas con flores en camionetas llenas. Además de estos factores, los incendios forestales exacerbados por el cambio climático también promueven la pérdida de una manera notable. Algunos representantes del género, como *L. gouldiana*, *L. speciosa* y *L. anceps* ssp. *dawsonii*, se encuentran en peligro de extinción debido al saqueo excesivo de las plantas, lo cual ha provocado que se restrinja o prohíba su uso en las festividades culturales.

Sin duda, *L. anceps* es una de las especies de orquídeas de la costa del Golfo de México más importantes cultural y económicamente hablando. Esta especie es la más utilizada para la generación de híbridos, por lo que, aunque oficialmente no se encuentre en peligro de extinción, sus variantes están desapareciendo de los bosques. Hoy día, algunos de los ejemplares más hermosos del género se encuentran restringidos a los traspatios, como *L. anceps* ssp. *anceps* variante blanca (véase la Figura 3B), ya que, por su belleza y poco recurrente aparición en los bosques, es muy demandada y, por lo tanto, extraída de su área natural, razón por la cual es muy probable que en la actualidad no se encuentre de manera silvestre.

Mucílago
Sustancia de textura viscosa, similar a la goma.

Pseudobulbos
Tallos modificados, frecuentemente engrosados, con función de almacenamiento de sustancias de reserva.



Figura 3. A) Venta de *L. anceps* silvestres en el mercado de Coatepec, Veracruz; B) *L. anceps* ssp. *anceps* variante blanca (Vera, 2016).

Alternativas

Para resguardar el patrimonio natural de las laelias y otras especies importantes, se ha fomentado la conservación de los bosques y de las poblaciones de orquídeas nativas. Desafortunadamente, esta alternativa no es suficiente y, en el caso de las laelias en peligro de extinción o limitadas a traspatio, esta alternativa es nula. A la fecha se han realizado diversos estudios biotecnológicos que combinan una serie de técnicas científicas y tecnológicas para ayudar no sólo a disminuir la pérdida de las poblaciones a causa del saqueo y la deforestación, sino a resolver otros problemas naturales que traen consigo las orquídeas, como son la baja tasa de propagación y germinación. Lo anterior se refiere a que sus semi-

llas carecen de **endospermo**, por lo cual requieren de nutrientes o de otro organismo que favorezca la germinación.

En los últimos años, el **cultivo *in vitro*** ha sido una alternativa de conservación y propagación masiva de especies que están en alguna categoría de riesgo. Mediante esta técnica podemos obtener ejemplares de calidad para no perder a la especie y, sobre todo, su importancia económica para el país. Por fortuna, se tiene registro de protocolos de propagación *in vitro* para algunas especies de laelias, los cuales han funcionado con éxito; sin embargo, todavía es necesario perfeccionarlos para su uso comercial.

Otra alternativa prometedora es el estudio de la **asociación simbiótica** entre algunos hongos y las

Endospermo

Tejido formado en el saco embrionario de las plantas con semilla.

Cultivo *in vitro*

Crecimiento de células, tejidos, órganos o plantas enteras en un medio nutritivo, en condiciones estériles y controladas.

Asociación simbiótica

Interacción biológica entre dos organismos de diferentes especies, con el objetivo de obtener un beneficio mutuo.



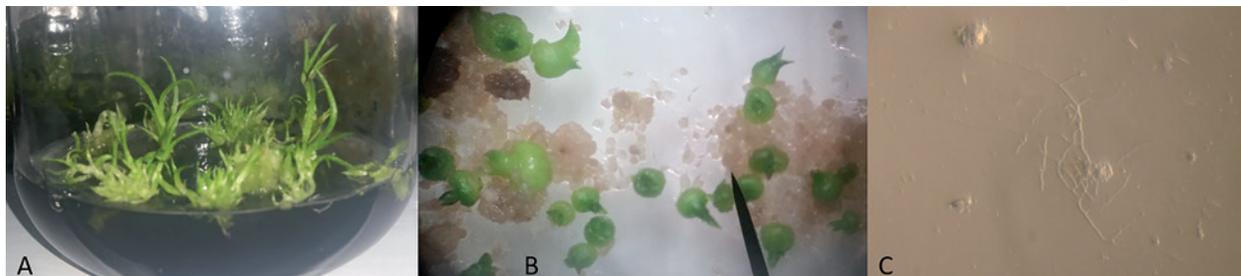


Figura 4. Alternativas biotecnológicas para orquídeas. A-B) Cultivo *in vitro* de *L. anceps* spp. *anceps*. C) Micorrizas de *L. anceps* spp. *anceps* (Vera, 2016).

raíces de las orquídeas (micorrizas), donde se ha observado que dicha relación es fundamental para el desarrollo de la planta, la absorción de nutrientes minerales, carbohidratos y aminoácidos, así como la defensa contra diversos agentes patógenos. El estudio de las micorrizas de las laelias es una herramienta más a favor de la conservación de la diversidad de especies con algún tipo de riesgo. Este sistema permite establecerlas en condiciones ajenas a las nativas, para así asegurar su supervivencia.

Por otro lado, una tercera alternativa, cuando se cuenta con una producción de especímenes, es su reintroducción a cafetales, la cual ha resultado muy conveniente no sólo en el ámbito conservativo, sino también en lo socioeconómico. Los cafetales pueden ser un lugar estratégico para la conservación de la biodiversidad mexicana. Además de permitir su aprovechamiento, en combinación con la producción de café, resultan una manera para los productores de aumentar sus ingresos y reducir los costos de producción, sobre todo para los pequeños productores

que han tenido que enfrentarse a plagas y enfermedades cafetaleras.

En conclusión, las orquídeas del género *Laelia* tienen una historia cultural y económica muy relevante; no obstante, la extracción de estas plantas de su hábitat pone en riesgo la supervivencia de algunas especies. Por fortuna, existen alternativas biotecnológicas que deben ponerse en marcha para preservar la biodiversidad de estas bellas orquídeas.

Alejandra Vera Aguilar

Universidad Veracruzana.
aleavava11@gmail.com

Joaquín Murguía González

Universidad Veracruzana.
jurmurgia@uv.mx

Régulo Carlos Llerena Hernández

Universidad Veracruzana.
rllarena@uv.mx

Referencias específicas

Cox-Tamay, L. D. y J. S. Cervantes-Urbe (2016), “*Laelias*: flores mágicas y ceremoniales”, *Desde el Herbario CICY*, 8:122-127. Disponible en: <https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2016/2016-08-18-Cox-Tamay-Cervantes-Laelias-Flores-magicas-y-ceremoniales.pdf>, consultado en octubre de 2019.

Halbinger, F. y M. A. Soto (1997), “*Laelias* of Mexico”, *Orquidea*, 15:1-160. Disponible en: <[https://www.herbarioamo.org/index_archivos/Orquidea\(Mex.\)15.pdf](https://www.herbarioamo.org/index_archivos/Orquidea(Mex.)15.pdf)>, consultado en octubre de 2019.

Salazar, G. A. (s/f), “Orquídeas. Diversidad biológica e inventarios”. Disponible en: <http://www.ibiologia.unam.mx/pdf/directorio/s/salazar/orquideas_pedregal.pdf>, consultado en octubre de 2019.

Tejeda-Sartorius, O., M. A. A. Téllez-Velasco y J. J. Escobar-Aguayo (2017), “Estado de conservación de orquídeas silvestres (*Orchidaceae*)”, *Agroproductividad*, 10(69):3-12. Disponible en: <<http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1031/880>>, consultado en octubre de 2019.

José Eduardo González Reyes

Desde las redes

La isla que está sacrificando a un murciélago en peligro de extinción

El murciélago de la fruta de Mauricio (*Pteropus niger*) es una especie que, como su nombre lo indica, se alimenta de frutos y es endémica de la isla Mauricio. Con poco más de 37 000 individuos maduros vivos, de acuerdo con los últimos reportes de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), estos organismos se encuentran catalogados como una especie en peligro de extinción. No obstante, el gobierno de Mauricio autorizó realizar una campaña entre octubre y diciembre de 2020 para eliminar al 10% de estos animales, debido a que se les ha asociado con pérdidas en las cosechas de lichi y mango, tanto en huertos privados como en los de productores a gran escala.

En 2019, investigadores del Reino Unido y de Mauricio demostraron que los murciélagos sólo son responsables del 42% del daño total a los árboles

frutales, y que otros organismos –como aves introducidas– podrían estar causando el daño. Además, en sus estudios encontraron que el uso de redes y la poda continua permitirían aumentar el rendimiento de los árboles frutales y evitar el daño provocado por estos mamíferos voladores. Sin embargo, la preferencia por eliminar a la especie, en lugar de implementar estas medidas de mitigación, podría acelerar la desaparición de estos murciélagos, que han visto disminuido su hábitat en un 4% de la superficie original y cuya tasa de reproducción es baja, pues una hembra da a luz a una cría por año.

Más información

Tollington, S. *et al.* (2019), “Quantifying the damage caused by fruit bats to backyard lychee trees in Mauritius and evaluating the benefits of protective netting”, *PLoS ONE*, 14(8):e0220955. Disponible en: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220955>>, consultado el 30 de noviembre de 2020.



Figura. *Pteropus niger*, también conocido como zorro volador negro de Mauricio o murciélago de la fruta de Mauricio. Crédito: UICN.

Cuatro mujeres fueron reconocidas por los Premios Nobel 2020

Desde 1901 –cuando se realizó la primera entrega de los Premios Nobel– a la fecha, sólo han sido reconocidas con este galardón 57 mujeres, lo que equivale a menos de 6% de los galardones entregados. En la edición 2020, cuatro mujeres se unieron a la lista.

La primera de ellas fue Andrea Ghez, quien fue reconocida con el Nobel de Física junto con Reinhard Genzel. Los grupos de investigación de ambos científicos han perfeccionado métodos para ver a través de las enormes nubes de gas y polvo interestelar hasta el centro de la Vía Láctea. Su trabajo ha proporcionado la evidencia más convincente hasta la fecha de que en el centro de nuestra galaxia hay un agujero negro supermasivo. Con ello, Ghez se convirtió en la cuarta mujer en ganar el Premio Nobel de Física. Estos investigadores fueron reconocidos en conjunto con Roger Penrose, quien utilizó métodos matemáticos para confirmar que los agujeros negros son una consecuencia directa de la teo-

ría general de la relatividad, propuesta por Albert Einstein.

Asimismo, en esta edición por primera vez fue premiado un equipo científico completamente femenino, conformado por Jennifer Doudna y Emmanuelle Charpentier; ellas ocupan el sexto y séptimo lugar de mujeres que han ganado el Nobel de Química. Fueron reconocidas por el desarrollo de la técnica CRISPR/Cas9, que permite realizar la edición del genoma. Esta herramienta ha abierto la puerta a la posibilidad de desarrollar nuevas terapias contra el cáncer y realizar el sueño de poder curar las enfermedades hereditarias.

En esta entrega también fue reconocida Louise Glück, por sus poemas “que con austera belleza vuelven universal a la existencia individual” (The Nobel Prize, 2020). El Premio Nobel de Fisiología y Medicina fue otorgado a Harvey Alter, Michael Houghton y Charles Rice, por sus trabajos en el descubrimiento del virus de la hepatitis C; el Nobel de Economía fue para Paul R. Milgrom y Robert B. Wilson, por las mejoras en la teoría de las subastas y los inventos de nuevos formatos de estos mecanismos; mientras que el Programa Mundial de Alimentos de la Organización de las Naciones Unidas fue reconocido con el Premio Nobel de la Paz por sus esfuerzos para combatir el hambre y promover la seguridad alimentaria.



Más información

The Nobel Prize (2020), *The Nobel Prize*. Disponible en: <www.nobelprize.org>, consultado el 30 de noviembre de 2020.

En busca de la **SUBASTA perfecta** #Nobel2020

Hoy en día, no sólo se subastan objetos como el arte y las antigüedades, sino también los radiofrecuencias, los minerales o la energía

En los años 70 **Robert Wilson** mostró que los participantes de subastas tienden a colocar sus ofertas por debajo de su mejor estimación pues están preocupados por la **maldición del ganador**, es decir, pagar demasiado y perder

Por su parte, en los años 80 **Paul Milgrom** demostró que un formato de subasta proporciona mayores ingresos cuando se brinda **mayor información a los participantes**

Ambos han diseñado nuevos formatos de subastas **con base en la teoría de juegos** que han permitido la distribución de bienes públicos, como las bandas de frecuencia, la electricidad y los recursos naturales

La Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos utilizó uno de sus métodos en 1994 y después fue replicado por otros países

Por sus aportes teóricos y prácticos fueron galardonados con el **Premio Nobel de Economía 2020**

Un enemigo silencioso: **la hepatitis C** #Nobel2020

A finales de los 70, ya se conocían los virus de la hepatitis A y B

Sin embargo, algunas personas que recibían transfusiones sanguíneas desarrollaban hepatitis sin la presencia de alguno de los dos virus conocidos

El equipo de **Harvey Alter** logró identificar esta enfermedad y la llamó hepatitis "no A y no B"

Finalmente **Charles M. Rice** y sus colaboradores probaron que el virus es el patógeno causante de la hepatitis por transfusión sanguínea que hasta ese momento no tenía explicación

Michael Houghton y su equipo lograron aislar la secuencia del virus y lo nombraron como Virus de la Hepatitis C (VHC)

Por estos aportes que permitieron que ahora existan análisis de sangre altamente sensibles para el virus que prácticamente han eliminado la hepatitis por transfusión fueron galardonados con el **Nobel de Medicina 2020**

Combatir la amenaza del **hambre** #Nobel2020

En 2019, **135 millones** de personas padecían **hambre aguda**, la cifra más alta en muchos años

La mayor parte de este aumento fue causado por la **guerra y los conflictos armados**

En 2015, la erradicación del hambre se convirtió en uno de los **Objetivos de Desarrollo Sostenible** de las Naciones Unidas

En 2018, se aprobó la **resolución 2417**, que **condena el uso de la inanición como método de guerra**

En 2019, el **Programa Mundial de Alimentos (PMA)** prestó asistencia a cerca de **100 millones** de personas en **88 países**

Por su labor, que no sólo contribuye a la seguridad alimentaria sino a la paz mundial, el PMA recibió el **Premio Nobel de la Paz 2020**

TIJERAS GENÉTICAS #Nobel2020

Emmanuelle Charpentier descubrió en las bacterias *Streptococcus pyogenes*, una molécula hasta entonces desconocida: el **ARNtracr**

Demostó que esta molécula es parte del antiguo sistema inmune de las bacterias, **CRISPR/Cas**, que desarma los virus al cortar su ADN

Charpentier inició una colaboración con **Jennifer Doudna**, lograron recrear las tijeras genéticas y simplificaron los componentes para que fueran fáciles de usar

Esta tecnología está contribuyendo a **nuevas terapias contra el cáncer** y puede hacer realidad el sueño de curar enfermedades hereditarias

Por ello fueron galardonadas con el **Nobel de Química 2020**

¿TE ACUERDAS DE CUANDO PEDISTE UN DESEO? #Nobel2020

YO SIEMPRE PIDO MUCHOS DESEOS

CUANDO TE MENTÍ SOBRE LO DE LA MARIPOSA. SIEMPRE ME PREGUNTÉ QUÉ PEDISTE.

¿QUÉ CREES QUE PEDÍ YO?

NO SÉ. QUE VOLVERÍA, QUE AL FINAL DE ALGUNA MANERA ESTARÍAMOS JUNTOS

PEDÍ LO QUE SIEMPRE PIDO. PEDÍ OTRO POEMA.

"EL DESEO" DE **LOUISE GLÜCK** PREMIO NOBEL DE LITERATURA 2020

2020 CD3, un vistazo a nuestra miniluna temporal

El pasado 15 de febrero de 2020, Kacper Wierchowski y Teddy Pruyne, con ayuda del equipo del Observatorio del Monte Lemmon, descubrieron la miniluna 2020 CD3, un pequeño asteroide capturado temporalmente por nuestro planeta. Se trata del segundo objeto de su tipo conocido hasta la fecha; el primero se detectó en 2006.

Debido a su rareza, Grigori Fedorets, de la Queen's University de Belfast, lideró un esfuerzo global para caracterizar a este minisatélite con observaciones que se realizaron desde su descubrimiento y hasta mayo de 2020. El estudio estimó que 2020 CD3 tiene un diámetro aproximado de 1.2 m (casi

el ancho de un automóvil pequeño) y que se encontraba a unos 13 000 km de la Tierra en su aproximación más cercana. Su composición, rica en silicatos, es similar a la de los asteroides, por lo que se descarta la posibilidad de que se trate de basura espacial. No obstante, una de las grandes incógnitas del estudio es la velocidad de rotación de 2020 CD3, pues gira más lento de lo que predicen los modelos teóricos para los objetos de este tamaño.

Este estudio servirá como modelo para futuras investigaciones sobre minilunas, pues se espera que, con la puesta en marcha de nuevos observatorios, como el Vera C. Rubin, que se construye actualmente en Chile, se descubrirán más objetos como éste que orbitan nuestro planeta. Los minisatélites temporales también podrían algún día ser comercialmente importantes como objetivos para la minería de recursos en el espacio.

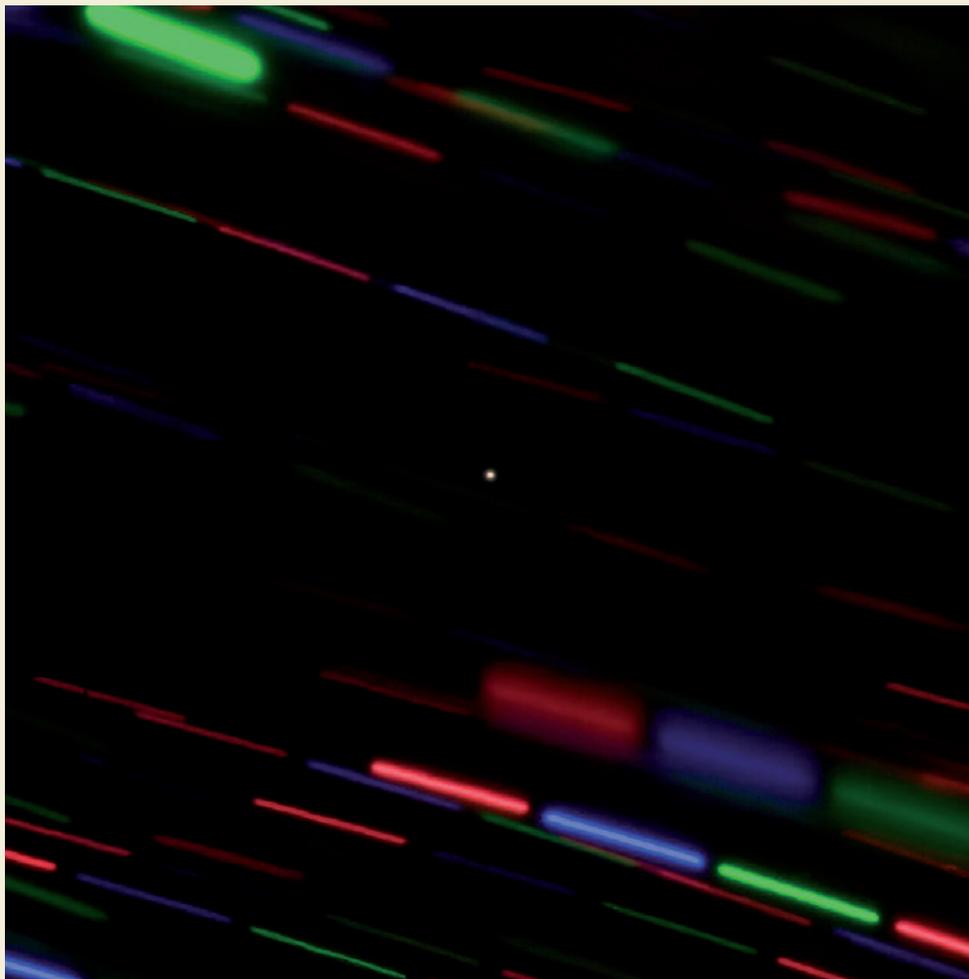


Figura. Miniluna 2020 CD3, captada por el Observatorio Gemini. La imagen combina tres tomas, cada una obtenida con diferentes filtros para producir la composición de color. La miniluna permanece inmóvil en la imagen, ya que el telescopio la estaba siguiendo. Crédito: Observatorio Internacional Gemini/NOIRLab/NSF/AURA/G. Fedorets.

Más información

Fedorets, G. *et al.* (2020), "Establishing Earth's Minimoons Population through Characterization of Asteroid 2020 CD3", *The Astronomical Journal*, 160(6):259. Disponible en: <<https://doi.org/10.3847/1538-3881/abc3bc>>, consultado el 30 de noviembre de 2020.

¿cómoves?

Divulgación de la Ciencia • UNAM

Suscríbete



un año por solo

\$350.⁰⁰

incluye gastos de envío

Depósito bancario

Solicita la ficha de depósito al correo:
suscribete_comoves@dgdc.unam.mx
y paga en BBVA Bancomer.

Pago directo

Revista *¿Cómo ves?*, **Universum**, **Museo de Ciencias**,
edificio C, 3er. piso, Circuito Cultural de
Ciudad Universitaria s/n
Coyoacán 04510, Ciudad de México
Horario de lunes a viernes de 9:30 a 15:00 horas.

Informes: 55 56 22 72 97
comoves@dgdc.unam.mx

www.comoves.unam.mx





CONSEJO DIRECTIVO julio 2020 - julio 2023

Presidenta

Estela Susana Lizano Soberón

Vicepresidente

José Antonio Seade Kuri

Tesorero

Dante Jaime Morán Zenteno

Secretarios

María del Jesús Rosales Hoz

Pedro Salazar Ugarte

Presidentes de las Secciones Regionales de la AMC

Sección Centro-Occidente: María Patricia Arias Rozas

Sección Centro-Sur: María del Carmen Cisneros Gudiño

Sección Noreste: Oliverio Santiago Rodríguez Fernández

Sección Noroeste: Alfredo Ortega Rubio

Sección Sur-Sureste: Soledad María Teresa Hernández Sotomayor



En nuestro próximo número
abril-junio de 2021:

Novedades científicas

