

ciencia

Revista de la Academia Mexicana de Ciencias

COVID-19

La pandemia, el virus y la enfermedad

Las tecnologías de información y comunicación, herramientas para la cuarentena

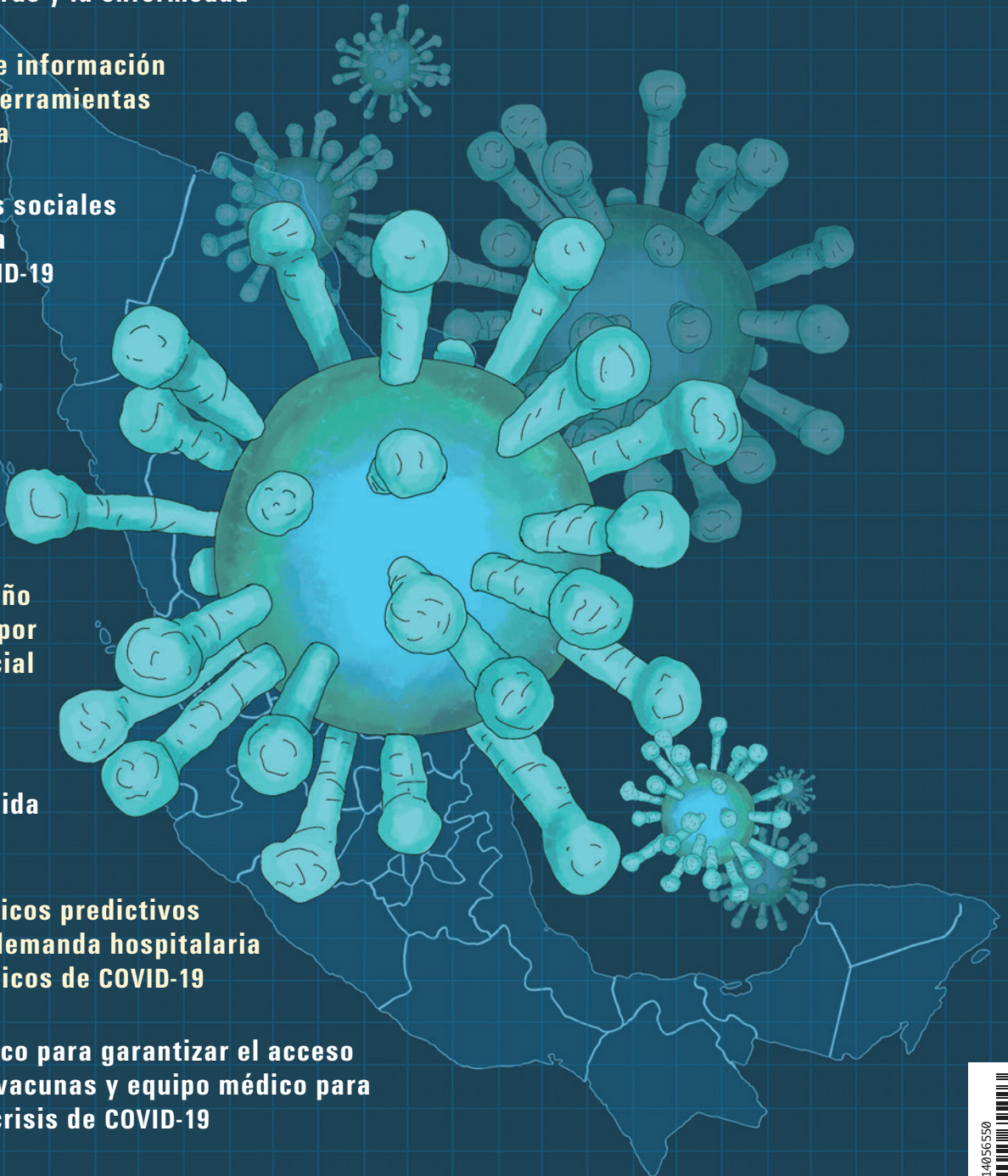
Las desigualdades sociales de la CDMX ante la pandemia del COVID-19

Cambios en el sueño y la salud mental por el aislamiento social

Propuestas para enfrentar la crisis económica producida por la pandemia

Modelos matemáticos predictivos y pronósticos de demanda hospitalaria por brotes epidémicos de COVID-19

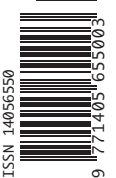
Iniciativa de México para garantizar el acceso a medicamentos, vacunas y equipo médico para hacer frente a la crisis de COVID-19



www.revistaciencia.amc.edu.mx

\$50.00 MN
ISSN 1405-6550

Número especial, septiembre de 2020



Mascarilla de alta eficiencia N95 de la Ciudad de México



- Alianza de triple hélice SECTEI–UNAM–ATFIL
- Producto certificado por COFEPRIS y NYCE
- Producción de 50,000 mascarillas por semana
- Más de medio millón de mascarillas desarrolladas



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

RED ECOS

SECTEI



Atfil[®]
creando ambientes puros



ciencia

Revista de la Academia Mexicana de Ciencias

volumen 71 Número especial, septiembre de 2020



COVID-19

Desde el Comité Editorial Miguel Pérez de la Mora	3
Número especial de la revista <i>Ciencia</i>. Reflexiones acerca de la pandemia de COVID-19 Juan Pedro Laclette • José Luis Morán López	5
Presentación. La pandemia de COVID-19 Rosaura Ruiz Gutiérrez • Ofelia Angulo • Bernardo Rosas • Bruno Velázquez	7
La pandemia, el virus y la enfermedad Daniela Silva Ayala • Delia Vanessa López Guerrero • Carlos F. Arias	10
Biodiversidad, epidemias y pandemias N. Ivalú Cacho • Alejandro González Voyer • Daniel Piñero	18
COVID-19: la experiencia desde un Instituto Nacional de Salud reconvertido Rodolfo Rincón Pedrero • Sergio Iván Valdés Ferrer • Gerardo Gamba	30
Las desigualdades sociales de la Ciudad de México ante la pandemia del COVID-19 Leticia Merino • Karla Valverde Viesca • Alicia Ziccardi	38
Las tecnologías de información y comunicación, herramientas para la cuarentena Yvon Angulo • María Josefa Santos • Jesús M. Siqueiros	44
Iniciativa de México para garantizar el acceso mundial a medicamentos, vacunas y equipo médico para hacer frente a la crisis de COVID-19 Juan Ramón de la Fuente • Pablo Arrocha Olabuenaga	52
Propuestas para enfrentar la crisis económica producida por la pandemia Arturo Huerta González	58
Cambios en el sueño y la salud mental por el aislamiento social durante la pandemia de COVID-19 Guadalupe Terán Pérez • Yoaly Arana Lechuga • Javier Velázquez Moctezuma	66
Modelos matemáticos predictivos y pronósticos de demanda hospitalaria por brotes epidémicos de COVID-19 Marcos A. Capistrán • Antonio Capella • J. Andrés Christen	72
¿La pandemia nos cambió el futuro? Wilhelm Hansberg	80
No eran nuevas... estaban escondidas: epidemias y pandemias, de la naturaleza a tu casa Perla María del Carmen Acevedo Ramírez • Elia Torres Gutiérrez	86
Planeación en la era de las pandemias; una visión de futuro Juan Pedro Laclette • José Luis Morán López	92



Portada: Ana Viniegra.

ciencia

Revista de la Academia Mexicana de Ciencias
volumen 71 número especial, septiembre de 2020

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 Lacleste 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 Viniegra, pp. 18, 38, 55, 66, 80, 86

Enrique Martínez de la Rosa, pp. 10, 30, 44, 58, 92

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



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

 **ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS**
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

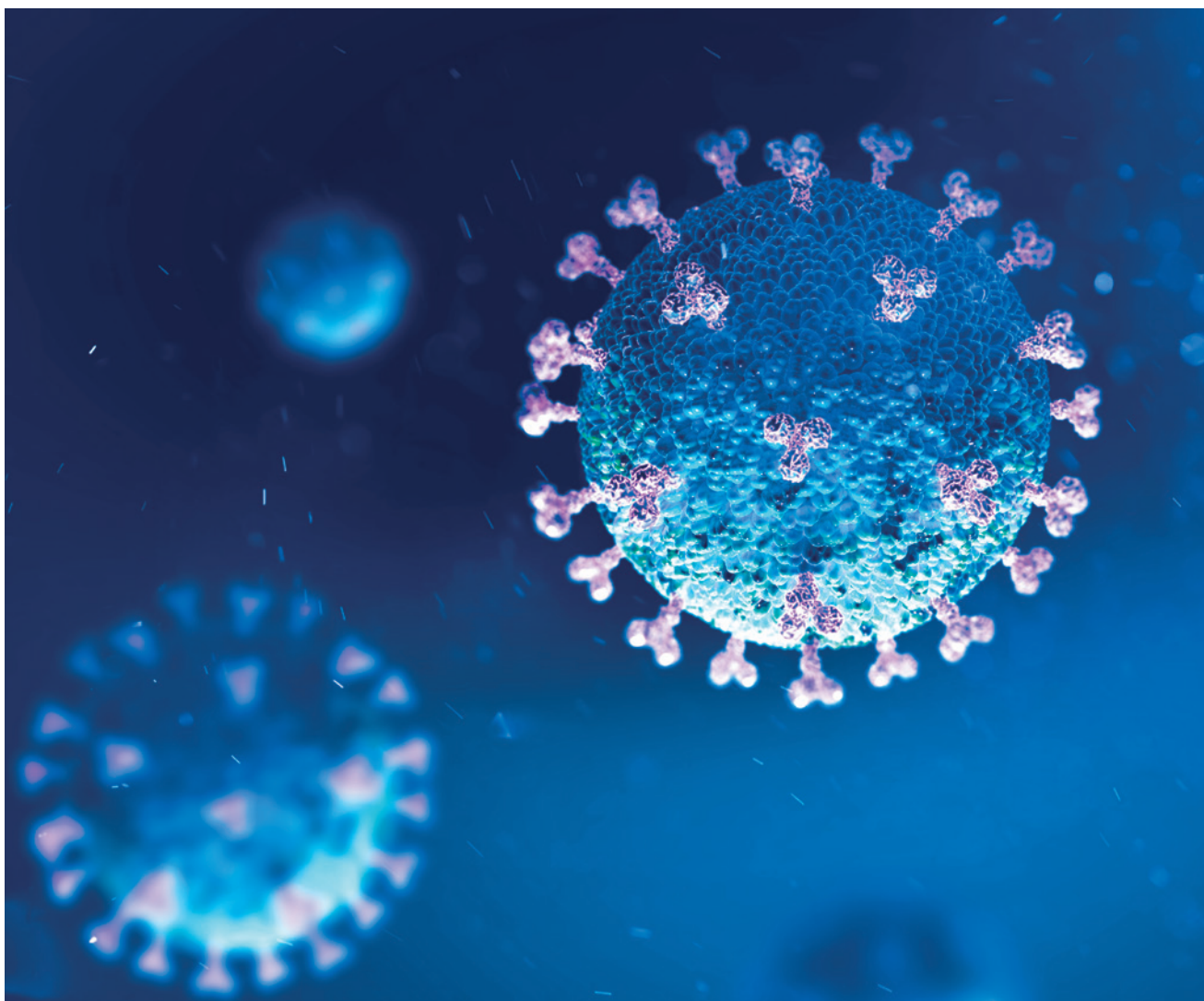
ciencia, publicación trimestral, volumen 71, número especial, septiembre de 2020, editado y distribuido por la Academia Mexicana de Ciencias, A. C. El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja de manera alguna el punto de vista de la Academia Mexicana de Ciencias. 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: Intidrinero, 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 5 000 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, ciencia@unam.mx, <http://www.amc.mx>.



Desde el Comité Editorial



No temo equivocarme al decir que el término COVID-19 (acrónimo de la expresión en lengua inglesa para la enfermedad por coronavirus surgida en 2019), dicho en cualquier circunstancia, es algo que en la actualidad nos infunde temor y curiosidad al mismo tiempo. Temor por las posibles consecuencias letales que nos podría acarrear el contagio con el virus que la produce (el SARS-CoV-2), y curiosidad porque estamos ávidos de información tanto acerca del patógeno como de las posibles medidas



de control, ya sean vacunas o medicamentos susceptibles de ser usados en su tratamiento. Conscientes de ello, hemos preparado para ustedes, queridos lectores, una edición especial de *Ciencia*, en la que tanto José Luis Morán López, presidente saliente de la Academia Mexicana de Ciencias, como Juan Pedro Laclette, miembro distinguido de nuestro Comité Editorial, editores huéspedes del presente número, han solicitado el concurso de doctos especialistas para ilustrar diversos aspectos de este tema tan apasionante.

Déjense entonces conducir de la mano de los autores reunidos aquí para conocer y entender los aspectos básicos de la pandemia por COVID-19, así como de su virus productor. Podrán conocer la experiencia que los hospitales tan emblemáticos como el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán han adquirido a lo largo de la emergencia sanitaria al ser alejados de sus cometidos habituales y dedicarse plenamente a la atención de pacientes con COVID-19. Asimismo, conocerán cómo los modelos matemáticos nos auxilian para predecir la demanda hospitalaria durante la pandemia que nos afecta. Sabrán también de qué manera se ven afectadas nuestras conductas de sueño y nuestra salud mental por las medidas de aislamiento social. En este mismo terreno, podrán tomar conciencia de cómo las tecnologías de información y comunicación nos auxilian en el manejo de la contingencia.

Por otro lado, dado que la emergencia epidemiológica está teniendo grandes repercusiones en lo social, económico y político, invitamos a nuestros lectores in-

teresados en el tema a descubrir cómo, a pesar de que el SARS-CoV-2 no distingue entre sujetos con diferente condición social y económica, en la práctica sí afecta con mayor frecuencia e intensidad a aquellos más desvalidos y genera tales problemas en el ámbito económico que, sin duda, habrá repercusiones graves en la época posterior a la COVID-19. Por otro lado, estamos seguros de que, ante la amenaza latente del acaparamiento de insumos requeridos para paliar la contingencia por parte de naciones con economías poderosas, les resultará confortante, queridos lectores, enterarse de la iniciativa de México para garantizar el acceso universal de todos aquellos insumos, entre ellos vacunas y medicamentos, requeridos para hacer frente y detener el avance de la COVID-19.

Pero si ustedes están interesados en los aspectos biológicos ligados a ésta y otras pandemias, no dejen de enterarse entonces de lo que sobre su origen y sobre el papel que desempeña la biodiversidad en su generación les tenemos preparado. Finalmente, ante la certeza del advenimiento de pandemias futuras y de la necesidad de estar preparados para hacerles frente, lean los excelentes artículos escritos tanto por Wilhelm Hansberg como por José Luis Morán y Juan Pedro Laclette, en donde encontrarán buenas y saludables reflexiones sobre el particular.

Deseamos salud para ustedes, sus familias y sus amigos. Que disfruten leyendo este número, tanto como nosotros lo hicimos al prepararlo.

MIGUEL PÉREZ DE LA MORA
Director

Juan Pedro Laclette y José Luis Morán López
Editores huéspedes



Número especial de la revista *Ciencia* Reflexiones acerca de la pandemia de COVID-19

La pandemia de COVID-19 se ha convertido en uno de los eventos de mayor repercusión nacional y mundial de las últimas décadas, y posiblemente de los últimos cien años. Prácticamente ningún país ha quedado al margen de ser afectado y todavía –en la fecha en que escribimos esta presentación– no es claro el final de la presente emergencia epidemiológica mundial. Podemos afirmar que todas las naciones de la Tierra fueron tomadas por sorpresa; algunas reaccionaron con prontitud y eficacia, mientras que en otras se agudizaron los problemas internos y se generaron situaciones inéditas de gobernabilidad. Incluso los países que mejor enfrentaron los brotes iniciales contienen ahora con brotes secundarios.



Por lo anterior, consideramos necesario convocar a un grupo de expertos en diversas disciplinas, provenientes de diferentes instituciones, para construir una reflexión colectiva y multidisciplinaria al respecto de las consecuencias de la pandemia en nuestro país. Aquí presentamos diversos análisis de las consecuencias médicas, biológicas, ecológicas, económicas, sociales, psicológicas, políticas, entre otras, resultantes de la pandemia de COVID-19.

En el artículo de Daniela Silva Ayala y colaboradores se analizan aspectos comunes de las pandemias humanas y se describen los aspectos biológicos del SARS-CoV-2 que lo convierten en un acertijo para su tratamiento médico y su control sanitario. Ivalú Cacho y sus coautores hacen notar que las pandemias son una consecuencia de la destrucción ambiental y plantean propuestas para un desarrollo sustentable. En tanto, Rodolfo Rincón Pedrero y su equipo nos describen el reto formidable de la transformación de un Instituto Nacional de Salud, reconvertido por completo en un centro COVID-19, y hacen énfasis en la frustración del ejercicio médico cuando se contiene contra un microorganismo desconocido para el que no se cuenta con las herramientas adecuadas.

Diversos aspectos del impacto social de la pandemia se analizan en varios textos. Inicialmente, Leticia Merino y colaboradoras enfatizan que las condiciones de vivienda en los sectores sociales más desprotegidos de la Ciudad de México implican una situación de mayor riesgo ante la pandemia. Yvon Angulo y su equipo explican cómo las tecnologías de información y comunicación aportan herramientas útiles para el manejo de la contingencia y para reducir la vulnerabilidad de los distintos sectores sociales. Juan Ramón de la Fuente y Pablo Arrocha comparten la experiencia de la iniciativa mexicana aprobada por el pleno de la Organización de las Naciones Unidas para garantizar el acceso mundial a medicamentos, vacunas y equipo médico que permitan hacer frente a la crisis de COVID-19. En otro artículo, Arturo Huerta propone una mayor participación del Estado mexicano, a partir de la coordinación entre la política monetaria y fiscal, así como una mayor regulación del

sector financiero, que ayuden a resolver los problemas económicos generados por la pandemia.

Por otra parte, Guadalupe Terán Pérez y colaboradores nos hablan de las medidas necesarias para tratar los trastornos mentales y de sueño que padece la población como resultado del confinamiento y del aislamiento social. Marcos A. Capistrán y sus coautores comparten su experiencia en la operación de un modelo matemático para hacer pronósticos probabilísticos de la presión hospitalaria con base en los casos detectados y en los decesos por COVID-19 en distintas ciudades mexicanas. Wilhelm Hansberg reflexiona respecto de la necesidad de crear una nueva normalidad, distinta a la que teníamos antes de la pandemia, para procurar un cambio en la conducta colectiva de mayor respeto hacia el mundo natural. A su vez, Perla María del Carmen Acevedo y Elia Torres descartan teorías fantasiosas y nos muestran evidencia genética acerca del origen zoonótico del SARS-CoV-2. Por último, los editores huéspedes, Juan Pedro Laclette y José Luis Morán, hacemos notar la falta de previsión en muchos países (México incluido) ante la séptima pandemia que se presenta en lo que va de este siglo y proponemos una serie de lineamientos para desarrollar una mejor capacidad de respuesta ante pandemias futuras.

Consideramos que este número especial de la revista *Ciencia* constituye un documento de referencia acerca de un buen número de aspectos de la pandemia de COVID-19. De prolongarse la situación de emergencia, posiblemente se requieran nuevos análisis desde otros ángulos no incluidos en el presente número especial.

Pretendemos provocar una reflexión colectiva acerca del futuro de nuestro país y, en última instancia, acerca del futuro de nuestra especie en la Tierra. Más allá de aspavientos innecesarios, no podemos continuar con las prácticas de inequidad social y de género ni con un funcionamiento económico depredador, sin tomar en consideración el deterioro ambiental. La experiencia de la actual pandemia nos da oportunidad de hacer una serie de cambios en nuestro comportamiento individual y social. Parece sencillo, pero es extraordinariamente complejo: el futuro está en nuestras manos.



PRESENTACIÓN

La pandemia de COVID-19

El 11 de marzo de 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró la epidemia de COVID-19, originada en Wuhan (capital de la provincia de Hubei, en China), como una pandemia. En palabras de su director general, el doctor Tedros Adhanom Ghebreyesus, “la OMS ha estado evaluando este brote... y estamos profundamente preocupados tanto por los niveles alarmantes de propagación y gravedad, como por los niveles alarmantes de inacción”. Desde entonces, se señaló la doble amenaza de esta emergencia devenida en crisis mundial. Por un lado, porque estábamos frente a un nuevo tipo de coronavirus del cual no se contaba con el conocimiento suficiente para comprender sus riesgos, ni tampoco se tenía una vacuna o tratamiento eficiente.



Y, por otro, dada la difícil situación material y política de la mayoría de las naciones en materia de salud pública, algo que se evidencia en las décadas de abandono, privatización y descuido de los sistemas de salud, así como por la falta de implementación de programas y políticas públicas que atiendan en este rubro las necesidades de la población de forma estructural y planificada, lo mismo para las contingencias como para el largo plazo.

En este contexto, la Ciudad de México ha seguido una estrategia compuesta por la aplicación de protocolos de comportamiento, confinamiento general, distanciamiento físico, fomento del uso de cubrebocas y mascarillas, campañas para promover la higiene personal y la desinfección de espacios públicos. Todas éstas son medidas reactivas, de prevención y de contención, pero también se han realizado otras acciones, como buscar la colaboración y la generación de alianzas con diferentes instituciones y organizaciones, tanto académicas como del sector privado, para fortalecer la capacidad hospitalaria, obtener los insumos necesarios para el personal médico y los servicios que prestan, así como para apuntalar la resiliencia social en todas las esferas de la vida común (desde el ámbito familiar y los servicios esenciales hasta el sistema educativo).

Más de la mitad de la población del planeta habita en ciudades. El hecho de que estas urbes sigan funcionando en tales circunstancias, aunque sea de forma dificultosa, es ya un símbolo de la capacidad humana de adaptación, resistencia, solidaridad, voluntad e, incluso, de ingeniosidad (aunque esto no signifique que en la actual pandemia también han aflorado los peores rasgos característicos de nuestra especie, como el egoísmo, la irracionalidad, la crueldad, la violencia y la ambición desmesurada). Este fenómeno es digno de atención y de enorme interés para cualquier disciplina científica por sus múltiples implicaciones.

Las aristas que esta situación nos obliga a atender son diversas e incommensurables, así como es profunda la raíz que, al aflorar en estos días, nos muestra en toda su crudeza trágica la condición humana y los posibles futuros de nuestra especie. Cabe señalar que, de manera simultánea, debido a esta crisis se ha reconfirmado y reevaluado la importancia trascendental que tiene (y debe tener) la ciencia, el desarrollo tecnológico y la innovación con compromiso social para lograr superar todos los retos que enfrentamos en el presente, así como los mu-

chos que aún nos esperan y que –lamentablemente– no terminamos de sospechar o comprender del todo.

En el caso particular de la Ciudad de México, la Red ECOS de la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación ha buscado impulsar las relaciones entre las instituciones de investigación de la ciudad, algunas de ellas nacionales, con diversas instancias de gobierno, como la Agencia Digital de Innovación Pública o la Secretaría de Salud. Entre los proyectos más relevantes de esta colaboración se encuentran la aplicación de pruebas de reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real (RT-PCR) y la creación de una fábrica de mascarillas.

En este contexto, el Programa de Investigación COVID-19-CDMX incluye la realización de pruebas RT-PCR para detectar la enfermedad generada por el virus SARS-CoV-2. A la fecha se han realizado más de 150 000 pruebas. Entre las instituciones participantes destacan el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, el Instituto Nacional de Medicina Genómica, el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, el Instituto Nacional de Rehabilitación, además de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav-IPN). El apoyo a estos proyectos no sólo ha permitido la aplicación de pruebas efectivas para ayudar a mitigar la diseminación de la enfermedad, y así evitar la saturación de los servicios de salud, sino también ha contribuido a abrir el camino hacia la profundización en el conocimiento acerca del virus y de los efectos que produce, lo que servirá para hacer más eficiente la atención brindada por las instancias de salud en la Ciudad de México.

Por otra parte, se promovió la vinculación interinstitucional para apoyar a distintas iniciativas de base científica, tecnológica e innovación orientadas a la prevención, mitigación y atención de la enfermedad COVID-19. A partir de ello, el Instituto de Ingeniería y la Facultad de Ingeniería de la UNAM, en colaboración con la empresa Alta Tecnología en Filtración de Aire, S. A. de C. V. (ATFIL) y con el apoyo de aliados estratégicos, como la Incubadora de Empresas InnovaUNAM y el Complexity and Innovation Hub, han unido esfuerzos para el diseño, desarrollo y fabricación nacional de mascarillas tipo N95 integradas por multicapas con sellado ergonómico que proveen una alta eficiencia en la filtración y contención de partículas. El objetivo es

auxiliar en el suministro de equipos de protección adecuados para el sector salud, en especial para las personas que atienden la contingencia, así como para pacientes contagiados con el virus.

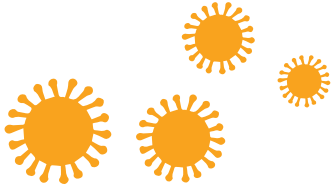
El presente número temático de la revista *Ciencia* incluye una serie de artículos que abordan desde la historia de las pandemias, revisada por Daniela Silva Ayala, Delia Vanessa López Guerrero y Carlos F. Arias, hasta la propuesta de Juan Pedro Laclette y José Luis Morán López, quienes argumentan que, ante la certeza de que eventos similares se presentarán de manera repetida en el corto plazo, estamos obligados a pensar en estrategias que nos den la capacidad de respuesta necesaria para superar las pandemias futuras. Por su parte, N. Ivalú Cacho, Alejandro González Voyer y Daniel Piñero precisan que debemos apostar por la conservación biológica como uno de los fundamentos de las políticas de salud pública futuras. Además, Rodolfo Rincón Pedrero, Sergio Iván Valdés Ferrer y Gerardo Gamba ponen un ejemplo concreto desde una institución de salud en torno a la importancia de que todas las personas tengamos acceso a los beneficios de las tecnociencias y la innovación. La reflexión de Leticia Merino, Karla Valverde Viesca y Alicia Ziccardi se enmarca en las desigualdades, precariedad, inaccesibilidad al agua potable, necesidades económicas básicas no cubiertas y otras tantas injusticias que han hecho de esta crisis sanitaria una también humanitaria. Yvon Angulo, María Josefa Santos y Jesús M. Siqueiros exploran el papel de las tecnologías de información y comunicación para el manejo de la contingencia, así como la reducción de situaciones vulnerables, tanto en el mundo laboral y académico como en el espacio social. Para que podamos conocer con mayor profundidad la propuesta que nuestros representantes hicieron ante la Asamblea General de las Naciones Unidas, que fue aprobada por 179 votos de países copatrocinadores y originó la resolución 74/27 “Cooperación internacional para garantizar el acceso mundial a medicamentos, vacunas y equipo médico para hacer frente a la crisis de COVID-19”, Juan Ramón de la Fuente y Pablo Arrocha Olabuenaga se han encargado de ofrecernos una perspectiva de primera mano.

En tanto, Arturo Huerta González hace una propuesta para buscar un crecimiento sustentable desde el papel que el Estado y el mercado han de tener en la vida de las naciones. Asimismo, el enclaustramiento y el aislamiento han provocado alteraciones en la salud mental de las personas, lo cual se manifiesta en trastornos del sueño y otros efectos dañinos que tienen consecuencias aún desconocidas; Guadalupe Terán Pérez, Yoaly Arana Lechuga y Javier Velázquez Moctezuma abordan este tema por demás interesante. En un intento por disminuir la incertidumbre y aplicar el conocimiento emanado de la ciencia básica, Marcos A. Capistrán, Antonio Capella y J. Andrés Christen presentan un modelo matemático para hacer pronósticos probabilísticos de la presión hospitalaria, con base en los casos detectados y decesos en nuestro país por la pandemia aún en curso. Pareciera que el compromiso debe estar no en regresar a la normalidad pasada, sino en procurar una nueva relación con nosotros mismos y con la alteridad que es la naturaleza toda. Esto, en caso de querer evitar la extensión autoinducida de nuestra especie, como explica Wilhelm Hansberg al llevarnos de la mano en esta línea de pensamiento. Por último, para sortear la abundancia de rumores y especulaciones acerca del virus SARS-CoV-2, por demás disímiles y que oscurecen nuestra comprensión de lo que está ocurriendo, Perla María del Carmen Acevedo Ramírez y Elia Torres Gutiérrez se encargarán de allanar el camino y aclarar el panorama al mostrar el rasgo zoonótico de este patógeno.

Este número temático de la revista *Ciencia* aborda no pocas de las cuestiones señaladas y nos ofrece conocimiento y una perspectiva de lo que aún podemos esperar, incluida la esperanza misma. Éste es un número especial en más de un sentido, pues nos ayuda a comprender esta pandemia y el momento histórico que, sin duda, redefinirá el rumbo de la humanidad.

ROSAURA RUIZ GUTIÉRREZ, OFELIA ANGULO,
BERNARDO ROSAS Y BRUNO VELÁZQUEZ
Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología
e Innovación de la Ciudad de México.

Daniela Silva Ayala, Delia Vanessa López Guerrero y Carlos F. Arias

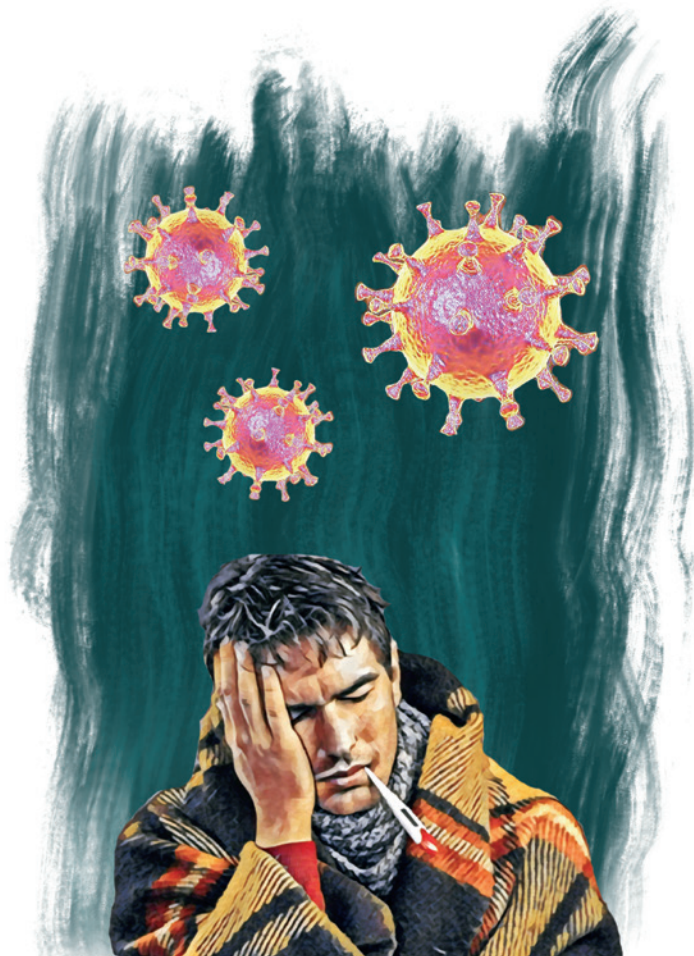


La pandemia, el virus y la enfermedad

“We live in a dancing matrix of viruses; they dart, rather like bees, from organism to organism, from plant to insect to mammal to me and back again, and into the sea...”

LEWIS THOMAS, *The Lives of a Cell*, 1974

Después de esperar por más de un siglo, nos alcanzó la pandemia, que sólo puede ser equiparada con la de influenza de 1918. A pesar de las diez décadas de avances médicos y científicos que las separan, ambas se presentaron como acertijos difíciles de descifrar. Revisamos brevemente la historia de las pandemias, la estructura del SARS-CoV-2 y los serios problemas que puede causar este nuevo coronavirus en el organismo humano.



Introducción

Los virus son los organismos más antiguos en nuestro planeta; su existencia data de los orígenes mismos de la vida, hace millones de años. Todas las especies hemos coexistido en un equilibrio ecológico con una gran gama de virus, los cuales han sido factores importantes en el transcurso de la evolución. Aunque no tenemos registro de ello, no cabe duda de que algunas de las constantes interacciones que ocurrieron y siguen ocurriendo entre los virus y los organismos superiores resultaron, de manera aislada, en consecuencias dañinas: lo que ahora conocemos en términos generales como enfermedades infecciosas. Sin embargo, desde el establecimiento de la cultura sedentaria, la propagación de estas enfermedades y la aparición de nuevos agentes infecciosos entre las poblaciones humanas han aumentado en su frecuencia, debido a que dichas infecciones son favorecidas por el incremento en la concentración e interacción de las personas con otros animales, lo cual ha sucedido desde los inicios de la agricultura y la ganadería, hace más de 10 000 años.

En este artículo relataremos brevemente la historia de algunas de las grandes epidemias y pandemias que han afectado a la población humana. Posteriormente nos centraremos en describir al agente responsable de la actual pandemia de COVID-19, así como las características de la enfermedad y la reacción del organismo ante la infección.

Virus emergentes

A los nuevos virus que se introducen en la población humana —o que aun siendo ya conocidos amplían rápidamente su distribución geográfica— se les conoce como virus emergentes. Las enfermedades emergentes son, en su gran mayoría, resultado de la transmisión a humanos de un virus cuya infección se restringe usualmente a un animal salvaje o doméstico. Este evento se denomina infección zoonótica. La aparición de virus emergentes y su dispersión no solamente son consecuencia del crecimiento y establecimiento de grandes poblaciones humanas y su interacción con diversas especies animales. También hay otros factores que tienen un papel muy importante, como la disrupción constante que hacemos de los ecosistemas del planeta debido al crecimiento poblacional, con la subsecuente búsqueda de nuevos espacios de vida y para la producción de alimentos, así como por el acelerado y masivo movimiento de personas en el mundo por diversas causas, incluidas las migraciones

forzadas y los avances en los medios de transporte, entre otros. A lo anterior se suma la alta capacidad de adaptación y evolución que tienen los virus de animales, en particular aquellos cuyo genoma está compuesto por ácido ribonucleico (ARN).

A lo largo de la historia, la humanidad ha sufrido múltiples enfermedades infecciosas provocadas por diferentes virus. Se tiene conocimiento de la primera epidemia de influenza en el año 1200 a. d. n. e. en la antigua Mesopotamia, aunque no fue sino hasta el descubrimiento de un virus como la causa de la enfermedad de la fiebre amarilla, en 1901, cuando empezamos a comprender el latente peligro inherente a estas máquinas microscópicas. La historia está repleta de brotes de enfermedades virales que han devastado comunidades y poblaciones enteras, tales como la viruela en el siglo XVIII, la influenza en 1918, la continua epidemia por el virus de inmunodeficiencia humana (VIH) desde 1983, la epidemia de ébola en 2014 y actualmente la pandemia originada por el nuevo coronavirus SARS-CoV-2 (véase la Figura 1), el cual se transmitió de un animal todavía no identificado a personas en la ciudad de Wuhan, en China, y rápidamente se dispersó entre la población mundial por su eficiente capacidad de replicarse en humanos y de ser transmitido de persona a persona.

Historia de los coronavirus

Los coronavirus fueron inicialmente descubiertos en 1930 y definidos como patógenos de aves y mamíferos. Específicamente en los humanos, estos virus eran conocidos por causar resfriados comunes o infecciones asintomáticas estacionales. Sin embargo, el surgimiento de tres nuevos coronavirus en los últimos 20 años nos ha enseñado que son patógenos potencialmente letales para el ser humano.

En 2002, el coronavirus causante del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV) generó una epidemia con más de 8 000 casos confirmados, con una tasa de letalidad de ~9.6%. En 2012, un nuevo coronavirus (MERS-CoV) surgió en el Medio Oriente como agente causante de una enfermedad respiratoria similar al SARS, la cual ha tenido hasta ahora, aproximadamente, 2 000 casos confirmados, con una tasa de letalidad mayor de 40%. Ambos virus, SARS-CoV y MERS-CoV, se originaron como resultado de una transmisión zoonótica. Por último, en diciembre de 2019, se relacionaron varios cuadros de neumonía con una nueva cepa de coronavirus (SARS-CoV-2); este brote

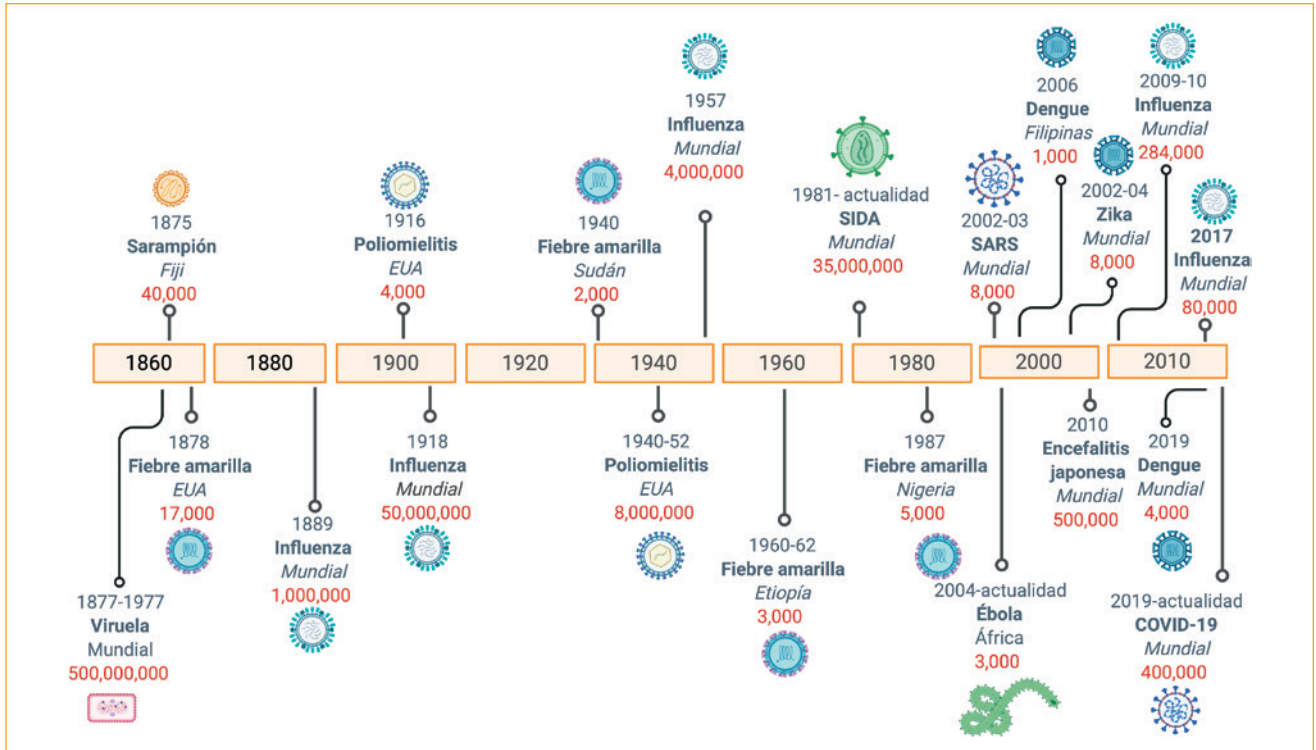


Figura 1. Línea de tiempo de las epidemias y pandemias virales que han tenido un fuerte impacto en la humanidad. Los números en rojo representan las muertes registradas en cada ocasión. Elaboración: Daniela Silva Ayala.

provocó la pandemia que hacia mediados de julio de 2020 ha infectado a más de 12 millones de personas en el mundo, con más de 550 000 fallecimientos.

Es urgente entender la naturaleza de estas infecciones y comprender mejor las características de los virus que influyen para que un evento zoonótico, de los muchos que ocurren cotidianamente, dé lugar a una enfermedad emergente de amplia distribución. Entre otros aspectos, es fundamental estudiar la biología básica, la epidemiología y la evolución de los virus. Esto ayudará a contender con la actual pandemia y a estar preparados para futuros eventos que son un peligro latente para la humanidad.

Dominio
Región de una proteína que se pliega y organiza de manera estable, independientemente del resto de la proteína.

Estructura de los coronavirus y organización de su genoma

Estructura de la partícula viral

En la familia taxonómica Coronaviridae, la característica estructural más notable de las partículas virales es el halo generado por una proteína denominada espícula (S); el arreglo de esta proteína estructural en la superficie de la partícula viral le otorga una apariencia de

corona solar, lo que originó el nombre para este grupo de virus. Al igual que otros coronavirus, las partículas de SARS-CoV-2 son esféricas, miden aproximadamente 120 nm de diámetro y están formadas por cuatro proteínas: espícula (S), membrana (M), envoltura (E) y nucleocápside (N) (véase la Figura 2).

La proteína S se organiza en estructuras de tres en tres (trímeros) que se proyectan desde la superficie de la partícula viral. Esta proteína está altamente glicosilada, esto es, tiene unidas varias cadenas de azúcares, y es la que media las interacciones iniciales del virus con los receptores de las células que infectará (células blanco). La proteína S contiene dos dominios estructurales y funcionales: el dominio S1 tiene a su vez un subdominio de unión al receptor celular, denominado RBD; el dominio S2 contiene secuencias que median la fusión de las membranas viral y celular. En la unión de estos dos dominios existe un sitio susceptible a las enzimas llamadas proteasas, las cuales realizan un corte que es esencial para que el virus ingrese a la célula hospedera e inicie su ciclo de replicación.

El análisis de la secuencia y función de la proteína S del SARS-CoV-2 nos ha ayudado a elucidar no sólo el posible origen de este nuevo coronavirus, sino también

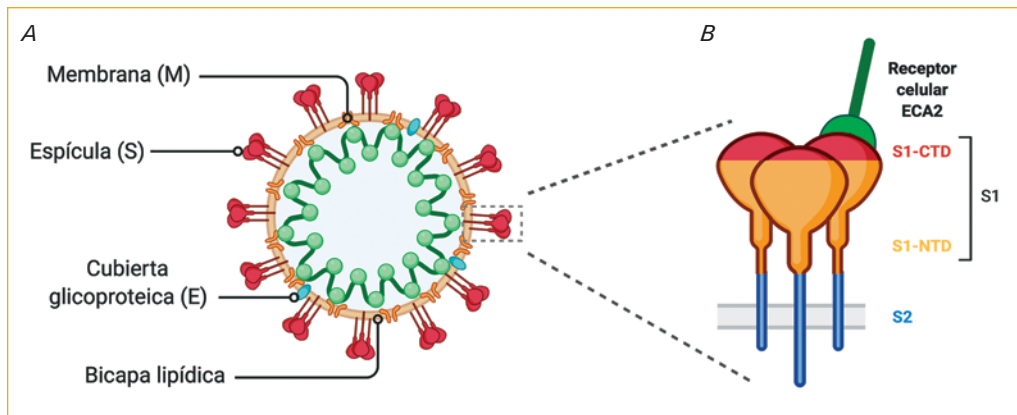


Figura 2. A) Componentes de la partícula viral de SARS-CoV-2. B) Esquema de los dominios de la proteína de espícula (S) y su interacción con el receptor celular ECA2. Elaboración: Daniela Silva Ayala.

su impacto en la propagación y patogénesis del virus. Esta glicoproteína se une en la superficie de la célula al receptor de la enzima que convierte a la angiotensina 2 (ECA2); esto lo realiza mediante seis aminoácidos presentes en el dominio RBD. Se ha reportado que este dominio es virtualmente idéntico (tiene sólo un aminoácido diferente) al dominio RBD de una cepa de coronavirus que fue aislada en Malasia de un pangolín. Sin embargo, cuando se compara el genoma completo, el que mayor parecido genético tiene con el SARS-CoV-2 (con 96% de identidad) es el coronavirus RaTG13, identificado en murciélagos; éste difiere, en relación con el SARS-CoV-2, en cinco de los aminoácidos requeridos para interactuar con la ECA2. Dichos hallazgos apoyan fuertemente la explicación del origen zoonótico del SARS-CoV-2.

Por otro lado, se ha planteado la hipótesis de que, entre el SARS-CoV y el SARS-CoV-2, la diferencia que se observa en los seis aminoácidos clave del RBD, responsables de la interacción con el receptor ECA2, le confiere a este último virus una mayor afinidad al receptor celular, lo cual podría influir en su capacidad de propagación en el organismo. Una segunda característica estructural importante de la proteína S del SARS-CoV-2 es que en la unión de los dominios S1 y S2 están presentes varios aminoácidos con carácter químico básico, los cuales en principio hacen que la proteína sea más susceptible al corte por la proteasa furina y, por lo tanto, que el virus sea más infeccioso. Estos aminoácidos adicionales no se encuentran en la proteína S del mencionado coronavirus RaTG13 de murciélago ni en la de la cepa de coronavirus aislada del pangolín. Por ende, la hipótesis del origen consiste en que un virus que evolucionó del

RaTG13 –probablemente en un animal intermediario aún no identificado– fue el responsable del evento zoonótico que provocó la actual pandemia.

Por su parte, la proteína M de los coronavirus es la proteína estructural más abundante en el **virión**. Es una proteína pequeña con tres dominios transmembranales, responsables de promover la curvatura de la partícula viral. Al igual que la proteína S, la proteína M tiene unidas cadenas de azúcares. Esta proteína está relativamente conservada entre cepas pertenecientes al mismo género de coronavirus y coopera con la proteína S durante la unión y entrada del virus a la célula hospedera.

En tanto, la proteína E funge como cubierta y se encuentra en muy pocas copias en la partícula viral. Incluso entre coronavirus estrechamente relacionados, las secuencias de la proteína E son altamente divergentes; no obstante, todas las proteínas E comparten una arquitectura similar. Esta proteína facilita el ensamblaje y la liberación del virus. En particular, es muy sensible a las mutaciones, las cuales pueden afectar drásticamente su conformación.

Por último, en la parte más interna de la partícula viral se encuentra la proteína de nucleocápside. Esta proteína N interacciona estrechamente con el genoma viral como si fueran las cuentas de un collar y genera una plataforma estable para el ensamble de la partícula viral, mediante su interacción con la proteína M. Después de su síntesis, la nucleocápside se modifica por la adición de grupos fosfatos, y se piensa que esta modificación incrementa la especificidad de la proteína N en su interacción con el genoma del virus. Ésta es la proteína más abundante durante el curso de la infección, por lo que se han diseñado métodos diagnósticos que se basan en su detección.

Virión
partícula viral completa e infecciosa que se encuentra fuera de la célula hospedera.



Organización del genoma viral

Los coronavirus están envueltos por el genoma de ARN más grande entre los virus de este tipo, el cual consiste en aproximadamente 30 000 nucleótidos en una sola hebra de sentido positivo; es decir, tiene el sentido apropiado para ser traducido a proteínas por los ribosomas, inmediatamente después de su ingreso a la célula. En la secuencia del genoma del virus, los dos primeros **marcos de lectura abiertos** (ORF) –llamados ORF1a y ORF1b (véase la Figura 3)– codifican para las 16 proteínas no estructurales del virus que participan en los diferentes pasos del ciclo de replicación, pero no se incorporan en la partícula viral final. De entre estas proteínas sobresalen las dos proteasas virales que procesan las dos largas cadenas polipéptidicas (pp1a y pp1ab) y que se sintetizan a partir de los ORF1a y 1b; la polimerasa de ARN dependiente de ARN y encargada de hacer las copias del genoma; así como la exonucleasa que le da la capacidad a la maquinaria de replicación del virus de corregir los errores que normalmente introduce la ARN polimerasa. Esta capacidad de corrección de los virus de la familia Coronaviridae es única entre los virus con genoma de ARN y resulta en que tengan una frecuencia de mutación más baja que los virus de ARN pertenecientes a otras familias, como el virus de influenza.

Después de los ORF1a y 1b, siguen los marcos de lectura correspondientes a las proteínas estructurales S, E, M y N, los cuales se encuentran intercalados entre los ORF que codifican para las proteínas accesorias del virus, para algunas de las cuales no se conoce todavía su función. Además, es importante señalar que en el SARS-CoV-2 se ha identificado un ORF nuevo, denominado ORF10, que no se ha encontrado en ninguna otra cepa de los coronavirus.

Los virus de ARN contienen secuencias específicas que son reconocidas como señales en la replicación, transcripción y traducción del genoma viral. Se sabe que la organización general de la estructura del genoma de este nuevo coronavirus difiere en muy pocos aspectos de otros virus de la familia; no obstante, el estudio de estas diferencias nos puede ayudar a entender las particularidades de su capacidad de infección y transmisión. Adicionalmente, para el desarrollo de herramientas de prevención y tratamiento es fundamental entender la organización y función del genoma del SARS-CoV-2.

La enfermedad: COVID-19

El virus SARS-CoV-2 es el causante de la enfermedad COVID-19. Este coronavirus infecta principalmente a las células del tracto respiratorio humano; sobre todo en la garganta es donde inicia su replicación. Si la infección progresa, infecta a los neumocitos, que son células de las vías áreas bajas, en donde puede causar una enfermedad más severa. Sin embargo, se sabe que también infecta a las células del intestino, las células endoteliales (en los vasos sanguíneos) y algunas células del sistema inmune que expresan el receptor ECA2.

Los síntomas más frecuentes observados en los pacientes con COVID-19 son: fiebre, tos seca, dolor de cabeza, fatiga y, en casos más graves, dificultad para respirar; además hay otros síntomas reportados, como diarrea, vómito, pérdida del gusto y del olfato, vértigo y confusión, los cuales pueden presentarse o no en las personas infectadas. Aunque la mayoría no tiene síntomas, o bien los síntomas son leves, una pequeña porción llega a desarrollar síntomas graves. Esto es debido a una neumonía severa

Marco de lectura abierto

Región del genoma que tiene información para la síntesis de una proteína.

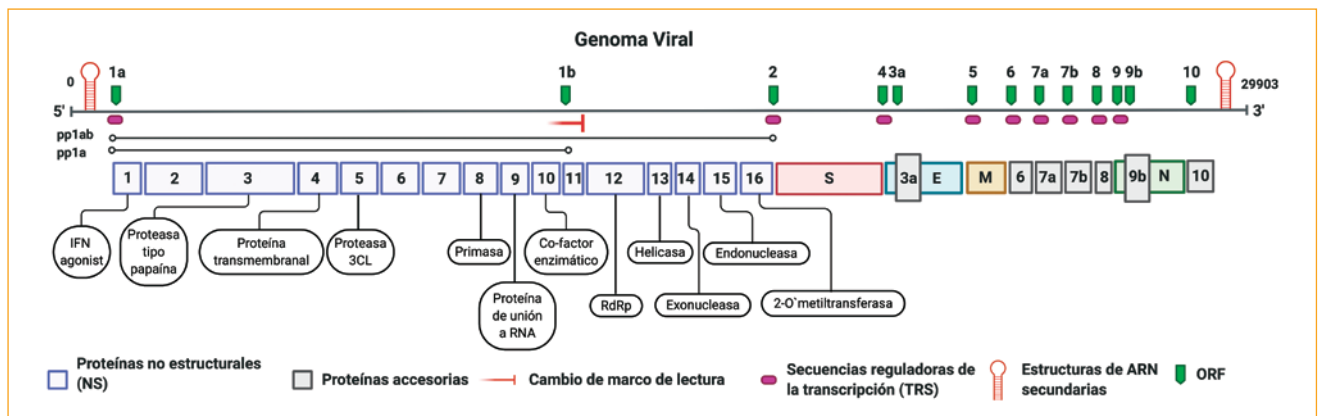


Figura 3. Organización del genoma viral de SARS-CoV-2. Elaboración: Daniela Silva Ayala.

provocada por la inflamación descontrolada que afecta de manera sistémica al organismo, provoca coagulopatías e insuficiencia renal, lo que complica aun más la recuperación de los pacientes (véase la Figura 4). La gravedad de la enfermedad COVID-19 está íntimamente asociada con la respuesta inmune que se genera como consecuencia del reconocimiento del virus y de las células infectadas; las personas mayores de 65 años y los pacientes con enfermedades preexistentes, como diabetes, obesidad, hipertensión o enfermedad cardíaca, son los grupos poblacionales que tienen un mayor riesgo de complicación grave.

Inmunidad frente a SARS-CoV-2

■ Evolutivamente, contamos con un sistema de defensa encargado de protegernos contra los microbios patógenos que potencialmente pueden enfermarnos. El sistema inmune tiene dos grandes componentes: el sistema inmune innato actúa como una primera línea de defensa inespecífica para prevenir la multiplicación del virus, antes de que se genere una protección más específica, mediada por el sistema inmune adaptativo. El sistema inmune posee una diversidad de mecanismos de reconocimiento que permiten identificar y eliminar al agente invasor; además, genera una memoria inmunológica que nos protege de futuras reinfecciones con el mismo patógeno. En la mayoría de los casos, los virus son eliminados de manera eficiente por este sistema; el SARS-CoV-2 no es la excepción.

La entrada principal del nuevo coronavirus al organismo es a través de la mucosa respiratoria, sitio anató-

mico que, por estar en contacto con el ambiente, se convierte en un portal de ingreso para muchos patógenos. Las vías respiratorias cuentan con un sistema inmune muy organizado que tiene una gran cantidad de células de la respuesta inmune, incluidos los **macrófagos** y las células del tejido linfóide, además de los péptidos antimicrobianos y la presencia de moco, que constituye una barrera física; todo esto dificulta que los virus lleguen a sus células blanco. Sin embargo, estas barreras no son infalibles y pueden ser evadidas; en esos casos, todas las células del organismo –entre ellas las células del tracto respiratorio– activan unos mecanismos inespecíficos de defensa que constituyen la respuesta inmune innata. Esta respuesta se da como resultado del reconocimiento que hacen los receptores internos y externos de las células –conocidos como PRR (receptores de reconocimiento de patrones)– a partir de diversas características estructurales que son frecuentes en varios patógenos, incluido el SARS-CoV-2.

Macrófagos
células de la respuesta inmune que fagocitan patógenos o restos celulares; son la primera línea de defensa inmunológica.

El reconocimiento de los componentes del virus desencadena dentro de la célula infectada la síntesis de interferones tipo I (INF-I), un mecanismo de defensa innato de la célula ante las infecciones. Al ser secretados por la célula infectada, los INF-I activan múltiples mecanismos en las células vecinas que las hacen entrar en un estado antiviral para protegerlas de la infección. No obstante, al igual que otros virus, el SARS-CoV-2 posee mecanismos que bloquean la producción de INF-I, lo cual facilita su replicación y la muerte de las células infectadas; esto manda una señal de daño que es captada por los macrófagos residentes del pulmón, que son células clave en el inicio

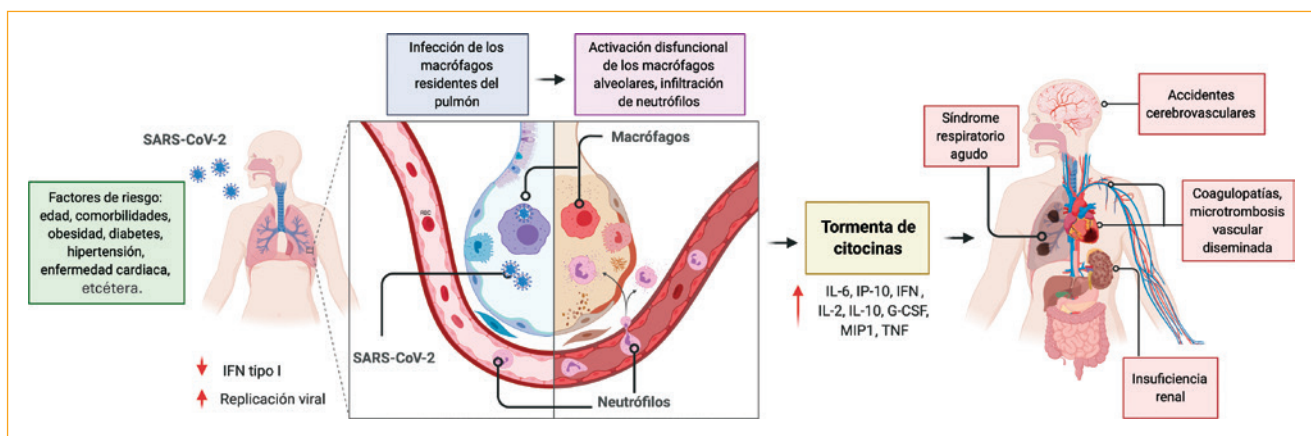


Figura 4. Inmunopatología asociada a la severidad de COVID-19. IFN, interferón; IL, interleucina; IP-10, proteína inducible por el interferón 10; G-CSF, factor estimulante de colonias de granulocitos; MIP, proteína inflamatoria de macrófago; TNF, factor de necrosis tumoral. Diseño de Delia Vanessa López Guerrero, elaborado por Daniela Silva Ayala.



de la respuesta inflamatoria. Los macrófagos activados comienzan a emitir una serie de señales inmunológicas que alertan a otras células; entonces se provoca una migración de neutrófilos y linfocitos al sitio de infección y comienza una batalla entre el sistema inmune y el SARS-CoV-2.

Al sitio de infección también llegan las células dendríticas (CD), células profesionales; esto es, especializadas en presentar antígenos, que en este caso provienen de las partículas virales fagocitadas. Los antígenos procesados y presentados por las CD son reconocidos por las células T, lo cual da lugar a la respuesta inmune adaptativa específica contra el virus. Esta interacción conlleva a la activación de diversos tipos de linfocitos que promueven la eliminación del virus y la producción de anticuerpos. Los linfocitos T cooperadores (CD4) participan en la producción de citocinas que potencian la respuesta inmune adaptativa, mientras que los linfocitos T citotóxicos (CD8) eliminan las células infectadas con SARS-CoV-2 al reconocer los fragmentos de las proteínas virales S, M y N sobre su superficie. Por otra parte, los linfocitos B producen anticuerpos dirigidos contra las proteínas del virus. Pero el mayor número de anticuerpos se produce contra la proteína S; en especial, aquellos que tienen la capacidad de neutralizar la infectividad del virus, lo cual por lo general ocurre cuando estos anticuerpos se unen a la proteína S de las partículas del SARS-CoV-2 para evitar su unión al receptor ECA2 y con ello impedir un nuevo ciclo de infección.

Citocinas proinflamatorias

Pequeñas moléculas que sirven como medio de comunicación entre las células y se producen cuando hay daño celular.

La respuesta inmune adaptativa es un proceso que requiere de más tiempo que la respuesta inmune innata, pero suele ser muy efectivo en la eliminación del virus. Los anticuerpos contra el SARS-CoV-2 se detectan entre 5 y 10 días después de la aparición de los primeros síntomas; sin embargo, no se ha establecido si estos anticuerpos serán protectores contra posibles reinfecciones, aunque se esperaría que sí lo fuesen, al menos en el corto plazo. Por otro lado, la producción de los linfocitos T también genera una respuesta de memoria, y se ha determinado que puede ser más eficiente y de larga duración en comparación con los anticuerpos, como en el caso de la infección por SARS-CoV, en que se han detectado linfocitos T de memoria hasta 11 años después de la recuperación. Adicionalmente, en algunas personas que no han sido infectadas con SARS-CoV-2, se han detectado linfocitos T que son capaces de reconocer a las células infectadas con este nuevo virus, lo cual sugiere que pudiera existir una inmunidad cruzada generada por infec-

ciones previas con otros coronavirus; esto explicaría, en parte, por qué en su mayoría los casos son asintomáticos o presentan síntomas leves.

A la luz de estas observaciones resulta necesario estudiar la respuesta tanto de los anticuerpos como de los linfocitos T, con el objetivo de diseñar vacunas que provean de una protección eficiente y de larga duración. Este proceso inmunológico es complejo y tiene que ser finamente regulado durante la infección para evitar una respuesta inmune disfuncional que llegue a resultar en una enfermedad grave, en particular cuando se asocia a comorbilidades, como describiremos a continuación.

 **Inflamación y COVID-19**

La inflamación es consecuencia de la activación de los macrófagos y de los neutrófilos ante la detección de daño en los tejidos. Esto ayuda a eliminar a los patógenos y a reparar los tejidos dañados, lo cual tiene un papel protector importante. Sin embargo, cuando la inflamación es desproporcionada o permanece durante mucho tiempo, se vuelve una inmunopatología; esto es, una falla en el sistema inmune que puede tener consecuencias fatales.

En la fase grave de la enfermedad COVID-19, descrita inicialmente como un síndrome agudo respiratorio, las complicaciones observadas se atribuyen a una respuesta inflamatoria exagerada causada por la sobreproducción de algunas **citocinas proinflamatorias** por parte de los macrófagos, en respuesta a la infección. Este fenómeno se denomina tormenta de citocinas. En la respuesta inmune alterada se produce una gran cantidad de citocinas proinflamatorias, principalmente interleucina (IL-6, IL-8, IL-1 β), factor de necrosis tumoral (TNF) y la proteína 10 inducible por INF gamma (IP-10). Estas citocinas provocan la migración de los neutrófilos que ayudan a eliminar a las células infectadas, pero que actúan de manera descontrolada y dañan el tejido sano circunvecino aumentando la infiltración de linfocitos circulantes y activando otras poblaciones celulares no inmunes, como fibroblastos y células endoteliales. Como resultado de este descontrol se altera la permeabilidad del epitelio pulmonar por el incremento de la cantidad de hialuronato, lo cual forma una especie de gelatina dentro de los pulmones que dificulta el intercambio gaseoso, por lo que es necesaria la ventilación asistida en los casos más graves.

Por otra parte, el recuento de linfocitos T se reduce significativamente en pacientes con COVID-19; al parecer, la mayoría de estos linfocitos muere, mientras que los linfocitos supervivientes están funcionalmente agotados. Asimismo, aunque los linfocitos B producen anticuerpos, no son eficientes en la eliminación del virus; de esta manera, se observa una deficiente respuesta inmune adaptativa.

Entre las complicaciones a consecuencia de la tormenta de citocinas se encuentran –además del síndrome respiratorio agudo– las coagulopatías, que incluyen la disminución de las plaquetas, el aumento en el dímero D como consecuencia de la degradación de coágulos, así como la formación de microcoágulos con un tamaño inusual (muy pequeños) en el tejido pulmonar; también se han reportado accidentes cerebrovasculares, insuficiencia renal en algunos casos y, por último, la muerte por falla multiorgánica.

La condición grave de la enfermedad COVID-19 parece deberse a un efecto sumatorio de ciertos factores de riesgo preexistentes y una respuesta inmune disfuncional, ya que los niveles de citocinas proinflamatorias anteriores a la infección se encuentran elevados como consecuencia de las comorbilidades –obesidad, hipertensión, diabetes o enfermedad cardíaca–, lo cual favorece el desequilibrio en la respuesta inmune. Por otro lado, la producción disminuida de INF-1 al inicio de la infección, así como una exposición a grandes cantidades de partículas virales infecciosas, pudieran permitir una infección masiva y un daño celular extenso en un tiempo muy corto, lo cual sería la causa de una hiperactivación de los macrófagos. El desajuste en la respuesta inmune pudiera también deberse a la infección de los macrófagos con SARS-CoV-2, con una producción de citocinas proinflamatorias alterada.

No obstante, es mucho lo que todavía nos queda por entender de la estructura, biología y evolución de este virus, así como de su conexión con la patogénesis y la respuesta del sistema inmune, y en particular sobre aquellos componentes de este sistema que se correlacionan con la protección contra nuevas infecciones y la enfermedad. Igualmente, es importante determinar si hay factores genéticos que pudieran estar asociados a los casos graves de COVID-19, más allá de aquellos relacionados con las comorbilidades mencionadas. Este conocimiento sólo se podrá generar mediante la investigación científica, que deberá realizarse de manera universal –en la cual esté incluido México– para garantizar su continuidad y desarrollo.

Lecturas recomendadas

- Andersen, K. G., A. Rambaut, W. I. Lipkin, E. C. Holmes y R. F. Garry (2020), “The proximal origin of SARS-CoV-2”, *Nature Medicine*, 26:450-452. Disponible en: <doi.org/10.1038/s41591-020-0820-9>, consultado el 1 de julio de 2020.
- Chan, J. F. W., K. H. Kok, Z. Zhu, H. Chu, K. K. W. To, S. Yuan y K. Y. Yuen (2020), “Genomic characterization of the 2019 novel human-pathogenic coronavirus isolated from a patient with atypical pneumonia after visiting Wuhan”, *Emerging Microbes & Infections*, 9:221-236. Disponible en: <doi.org/10.1080/22221751.2020.1719902>, consultado el 1 de julio de 2020.
- Diao, B. et al. (2020), “Reduction and Functional Exhaustion of T Cells in Patients With Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)”, *Frontiers in Immunology*, 11:827. Disponible en: <doi.org/10.3389/fimmu.2020.00827>, consultado el 1 de julio de 2020.
- Fehr, A. R. y S. Perlman (2020), “Coronaviruses: An overview of their replication and pathogenesis”, en H. Maier, E. Bickerton y P. Britton (eds.), *Coronaviruses: Methods and Protocols* (Methods in Molecular Biology, vol. 1282), Nueva York, Humana Press, pp. 1-23. Disponible en: <doi.org/10.1007/978-1-4939-2438-7_1>, consultado el 1 de julio de 2020.
- Merad, M. y J. C. Martin (2020), “Pathological inflammation in patients with COVID-19: a key role for monocytes and macrophages”, *Nature Reviews Immunology*, 20:355-362. Disponible en: <doi.org/10.1038/s41577-020-0331-4>, consultado el 1 de julio de 2020.
- Pedersen, S. F. y Y.-C. Ho (2020), “SARS-CoV-2: A Storm is Raging”, *Journal of Clinical Investigation*, 130(5):2202-2205. Disponible en: <doi.org/10.1172/jci137647>, consultado el 1 de julio de 2020.
- Tay, M. Z., C. M. Poh, L. Rénia, P. A. MacAry y L. F. P. Ng (2020), “The trinity of COVID-19: immunity, inflammation and intervention”, *Nature Reviews Immunology*, 20:363-374. Disponible en: <doi.org/10.1038/s41577-020-0311-8>, consultado el 1 de julio de 2020.

Daniela Silva Ayala

Center for Virology and Vaccine Research, Beth Israel Deaconess Medical Center, Harvard Medical School.
dayala@bidmc.harvard.edu

Delia Vanessa López Guerrero

Laboratorio de Inmunología Viral, Facultad de Nutrición, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
vannylpzgro@gmail.com

Carlos F. Arias

Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México.
arias@ibt.unam.mx

N. Ivalú Cacho, Alejandro González Voyer
y Daniel Piñero



Biodiversidad, epidemias y pandemias

Las crisis diversas que la humanidad ha enfrentado han moldeado los rasgos biológicos de sus poblaciones, los cuales inciden en la manera en que los seres humanos respondemos ante estas situaciones. Analizaremos los aspectos ecológicos y evolutivos de la pandemia de COVID-19 como consecuencia de la destrucción ambiental y la reducción de la biodiversidad. Proponemos que la conservación biológica sea la base para establecer nuevas políticas de salud pública.



Introducción

Nuestro reciente encuentro con el SARS-CoV-2, al igual que otras transiciones importantes en la historia de nuestra especie, han hecho evidentes los cambios en las características inherentes a nuestro ciclo de vida, entre ellas la longevidad, la frecuencia y el momento de inicio de la reproducción, las cuales moldean la diversidad genética de la humanidad y nuestra capacidad de respuesta ante las crisis futuras. Si bien las zoonosis han acompañado a los seres humanos desde sus orígenes, hay elementos de nuestro modo de vida y de nuestra relación con la naturaleza que han ocasionado que estos fenómenos aumenten en frecuencia y en intensidad, al punto de llegar a ser pandemias como la de COVID-19. Nuestro modo de vida en ciudades densamente pobladas e interconectadas, así como nuestra intensa movilidad, facilitan que las enfermedades se dispersen de forma rápida y extensiva. Además, nuestra relación con los animales domésticos, a los que criamos a gran escala y de forma intensiva para obtener alimento, transporte, carga, pieles y recreación, entre otros, tiene un papel central en el aumento de las zoonosis, no sólo porque estos animales pueden ser una fuente de patógenos, sino porque también pueden funcionar como puentes zoonóticos e incluso como amplificadores de agentes patógenos que representen un riesgo para el ser humano. No obstante, una manera eficaz de reducir el riesgo de las zoonosis es mediante la conservación de los ambientes naturales y su diversidad, pues los saltos de un patógeno de un hospedero animal a uno humano tienen menor probabilidad de ser exitosos en ambientes diversos y bien conservados. En la actualidad, las actividades humanas más bien aumentan el riesgo de futuras pandemias, pues la destrucción ambiental ha obligado a varios animales silvestres a ocupar ambientes donde ahora hay humanos, con lo que se incrementan las oportunidades de contacto entre las especies.

Uno de los aprendizajes derivados de estas pandemias se refiere a la obligación de entender que la agenda ambiental no puede ser ignorada si pretendemos obtener una vida decente para la humanidad. Los procesos que debemos abordar en este escenario para el cambio de la política con una visión hacia el cuidado de la naturaleza incluyen el monitoreo, la educación ambiental, la mitigación del cambio climático y la restauración de los ecosistemas, hasta lograr un estilo de vida que favorezca el bienestar humano de manera sincrónica con el bienestar

de los ambientes naturales. Sólo mediante un cambio en nuestra manera de relacionarnos con la naturaleza –entendiendo esta relación como una política de salud pública de importancia crítica– podremos disminuir la frecuencia e intensidad de las pandemias en el futuro.

Las pandemias se repiten

■ La pandemia de COVID-19 que estamos viviendo, más que un evento aislado, es parte de las crisis recurrentes que han azotado a la humanidad a lo largo de su existencia. Para comprender este tipo de fenómenos es necesario abordarlos en un contexto amplio que incluya su historia y, de ser posible, sus causas. Los agentes que provocan enfermedades infecciosas son muchas veces adquiridos de otros organismos, por lo que hablar de pandemias en el contexto de diversidad es importante. A lo largo de la historia y en distintas regiones del planeta, estos fenómenos han diezmando la población humana y modificado la relación con el ambiente y nuestros acuerdos sociales. Por ello, lograr una comprensión más amplia de las crisis como la que vivimos actualmente implica caracterizar las epidemias y pandemias desde un punto de vista ambiental y evolutivo, con una perspectiva histórica.

La historia sugiere que, así como muchas han sucedido, las pandemias seguirán ocurriendo en el futuro. Los patógenos que han generado pandemias rara vez han sido erradicados, y más bien se han vuelto elementos integrados en nuestras vidas. Este tipo de epidemias cotidianas incluye a las influencias y gripes, algunas de las cuales son producidas por coronavirus (virus llamados así porque las proteínas en la superficie de la cápsula que los rodea asemejan una corona al observarlos con un microscopio electrónico).

La diferencia entre las epidemias y las pandemias se basa en la amplitud geográfica de la enfermedad; las primeras son locales, mientras que las últimas tienen una escala global. Entre los factores que determinan que una epidemia pueda convertirse en una pandemia se encuentran la densidad poblacional humana (una mayor densidad poblacional facilita los contagios) y la movilidad de los individuos (que ayuda a dispersar el patógeno). Debido a que la población humana va en ascenso y que el mundo está cada vez más interconectado y globalizado, tanto la densidad como la movilidad poblacional están aumentando, y con ello también crece la probabilidad



de que las epidemias locales se conviertan en pandemias. Hoy día casi la mitad de la población mundial vive en ciudades, y se estima que para el 2050 casi $\frac{2}{3}$ partes de la población mundial vivirá en áreas urbanas.

Las epidemias y pandemias pueden tener efectos duraderos, pues cuando son severas resultan en una disminución de la población humana debido a la letalidad de la enfermedad. También pueden resultar en una disminución de la esperanza de vida de la población afectada. Por ejemplo, en la década de 1980 en varios países la esperanza de vida disminuyó cerca de 30% a consecuencia de las afectaciones por el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH). A su vez, la mortalidad y la disminución de la esperanza de vida tienen implicaciones que modifican la economía, las relaciones sociales y las actividades políticas, así como otras expresiones de la cultura, incluidas las humanidades, las ciencias y el arte. Desde el punto de vista biológico, las consecuencias combinadas de mortalidad y modificación de la esperanza de vida impactan la sobrevivencia y reproducción de la población humana, dos parámetros demográficos importantes que caracterizan el ciclo de vida (o historia de vida) de nuestra especie. Esto es relevante porque, como veremos más adelante, tiene relación con el cómo los patógenos y los humanos nos vamos adaptando los unos a los otros.

Desde una perspectiva más amplia, las epidemias y pandemias son sólo un tipo de eventos o transiciones de muchos otros posibles que afectan, y que han afectado, la supervivencia y la reproducción en las poblaciones humanas a lo largo de su historia. Otros tipos de transiciones capaces de modificar la demografía de las poblaciones humanas son las migraciones, los cambios en el estilo de vida, las hambrunas y, por supuesto, las guerras. La humanidad, a lo largo de su historia, ha pasado por diferentes transiciones que han modificado los patrones de mortalidad, supervivencia y reproducción. Además, una vez superadas, éstas han dejado huellas en la genética de las poblaciones humanas.

Frecuencia alélica

Proporción de una variante particular dentro de una población.



Las epidemias y su relación con la adaptación humana

Nuestra especie ha cursado varias transiciones a lo largo de la historia. La primera gran transición se dio durante el Neolítico; fue caracterizada por el proceso de domesticación, que incluyó el desarrollo de la agricultura y la sedentarización de las comunidades humanas.

Estos procesos ocurrieron en todo el mundo, aunque de manera independiente en distintos continentes y subcontinentes. Durante esta transición, cuando los humanos vivían en comunidades de unas pocas decenas de individuos, solamente existían epidemias locales, dada la reducida movilidad.

Por otra parte, la sedentarización de los humanos (facilitada por la domesticación y el desarrollo de la agricultura) trajo como consecuencia modificaciones importantes de las dietas y un incremento en la esperanza de vida de las personas. Por ejemplo, en muchos lugares aumentó la disponibilidad de alimentos proteicos, como la leche, lo cual tuvo como consecuencia un incremento en la frecuencia de variantes genéticas que permiten metabolizar la lactosa. En el norte de África, en Asia y en Europa fueron domesticadas distintas especies animales con el fin de extraer su leche, por lo que en cada región se vieron favorecidas diferentes variantes genéticas asociadas al metabolismo de la lactosa.

Podemos distinguir cinco etapas en esta primera gran transición de la humanidad:

1. Modificación de las condiciones de vida de los humanos por ellos mismos.
2. Cambio en la adaptabilidad de una parte de la población humana (aquí hicimos referencia sólo al metabolismo de la lactosa, pero también hubo otros procesos en esta transición).
3. Evolución por selección natural de estas poblaciones a través de la modificación en la estructura genética de las poblaciones.
4. Modificación de uno o varios parámetros del ciclo de vida.
5. Modificación de las interacciones entre los genes en humanos.

Las otras tres grandes transiciones de la humanidad: la demográfica, la epidemiológica y la industrial, también pueden ser caracterizadas utilizando las mismas etapas; es decir, parten de la modificación de las condiciones de vida de los humanos que inciden en los parámetros de su ciclo de vida, provocan un cambio de la adaptabilidad y del nicho de la especie, que desemboca a su vez en una modificación de los patrones selectivos, y después de cambiar las **frecuencias alélicas** se alteran las interacciones entre los genes. Algunos estudios genómicos han demostrado que estas modificaciones que ocurren a nivel

poblacional pueden tener consecuencias serias sobre la adaptabilidad a nivel individual. Esto se debe a que las modificaciones de la adaptabilidad de las poblaciones llevan aparejado un aumento en la adaptación de algunos individuos y una disminución en la adaptación de otros.

Dichas transiciones pueden ser vistas de una manera progresiva; esto es, las modificaciones de las condiciones de la vida humana como resultado de la domesticación, las epidemias o la transición industrial producen en cada caso una transición demográfica. Por ejemplo, en un estudio realizado en una población demográfica transicional de mujeres de localidades rurales de Gambia entre 1956 y 2010, se encontró que un producto del cambio en las condiciones de vida de las mujeres fue la disminución de su índice de masa corporal y el incremento de su estatura, mediado por la modificación de los parámetros de fertilidad durante las casi seis décadas que duró el estudio (Courtiol y cols., 2013).

¿De dónde vienen los patógenos?

■ La historia puede darnos siempre un camino inicial para estudiar un proceso. Las formas de registrar las distintas enfermedades han sido diversas a lo largo de los años. Los análisis de cadáveres momificados han ayudado a desentrañar que muchos patógenos han acompañado a la humanidad durante diferentes etapas, incluso desde la migración fuera de África, hace cientos de miles de años. Éste es el caso de la bacteria *Helicobacter pylori*, que produce gastritis, duodenitis y úlcera. En muchos otros casos, se ha identificado que los patógenos responsables de enfermedades, tanto leves como graves, locales o pandémicas, han sido transmitidos al humano desde animales. La salmonelosis, la gripe, la rabia, el sida, el SARS, el MERS y la hoy famosa COVID-19 son ejemplos de zoonosis, las cuales tienen su origen en un animal, usualmente un vertebrado (silvestre o domesticado), y específicamente un mamífero. Una vez contagiado un ser humano, éste se puede convertir en transmisor para otras personas con las que tenga contacto.

La transmisión de agentes patógenos (virus, bacterias, hongos, gusanos, priones, protistas) entre animales de distintos grupos no es un fenómeno raro o poco común. Al contrario, ocurre con frecuencia en la naturaleza. En el caso de la especie humana, este tipo de salto es facilitado por nuestro gran tamaño poblacional y nuestra estrecha relación con las especies silvestres y domestica-

das; animales que han actuado como fuente o puentes de zoonosis incluyen a cerdos, jabalíes, camellos, ratones, murciélagos, chimpancés, vacas, gallinas, patos, perros y gatos, entre otros.

Los casos de enfermedades zoonóticas son numerosos. Un ejemplo muy conocido es la rabia, que puede ser transmitida al humano por el contacto con la saliva de un vertebrado infectado. Si bien solemos asociar la rabia a los perros, el virus que causa la rabia, *Rabies lyssavirus*, contagia también a las ardillas y otros roedores, zorros y murciélagos. De forma similar al coronavirus SARS-CoV-2, que causa la enfermedad COVID-19, el virus de la rabia parece tener su origen en los murciélagos. Algunos otros ejemplos de zoonosis son el sida, causado por el VIH proveniente de chimpancés y que ha infectado a los humanos en al menos siete saltos en ocasiones distintas (Hahn y cols., 2000); las epidemias anuales de influenza, incluidas las fuertes pandemias de 1918 y 2009; la viruela y el sarampión, que han causado varias olas epidémicas; la varicela, que afectó a la musa de la *Bella durmiente* de los hermanos Jacob y Wilhelm Grimm en el siglo XIX; la fiebre amarilla, que a finales del siglo XIX y principios del XX detuvo la construcción del Canal de Panamá; así como la leptospirosis, la salmonelosis y las inocuas gripes. Ejemplos de brotes epidémicos de zoonosis más recientes incluyen al ébola (2014-2016) y los síndromes respiratorios SARS (2002-2003) y MERS (2012), ambos producidos por **betacoronavirus** similares al SARS-CoV-2. Los ejemplos son muchos para citarlos todos; de hecho, las estimaciones de los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades de Estados Unidos de América y la Organización Mundial de la Salud indican que alrededor de 75% de las enfermedades infecciosas que aquejan a la humanidad tienen su origen en animales (es decir, son zoonosis).

En muchos casos de zoonosis recientes, las especies animales cercanas al ser humano, ya sea domesticadas o silvestres, han sido identificadas como fuentes o puentes de transmisión. En casos más antiguos, es más difícil identificar las fuentes y rutas de transmisión, por lo que el origen de muchas enfermedades infecciosas sigue sin ser identificado.

¿Qué sabemos del origen de la COVID-19?

■ La pandemia actual de COVID-19 es causada por el virus SARS-CoV-2 (véase en este número de *Ciencia* el ar-

Betacoronavirus

Uno de los cuatro géneros de coronavirus; los reservorios naturales de betacoronavirus suelen ser roedores y murciélagos.



título de Daniela Silva Ayala y colaboradores). Varias de las gripes comunes son causadas por otros coronavirus, que pueden tener sus hospederos naturales en el ganado vacuno (CoV-229E), los camellos (CoV-OC43) u otros animales, tanto domésticos como silvestres. La COVID-19 es una enfermedad nueva en los humanos, por lo que sabemos muy poco de ella y de sus orígenes, pero a partir de comparar la secuencia del virus que la causa con las secuencias de otros virus, hemos aprendido que el SARS-CoV-2 es un betacoronavirus similar a los virus que causaron los brotes epidémicos de SARS y MERS, en 2002 y 2010, respectivamente.

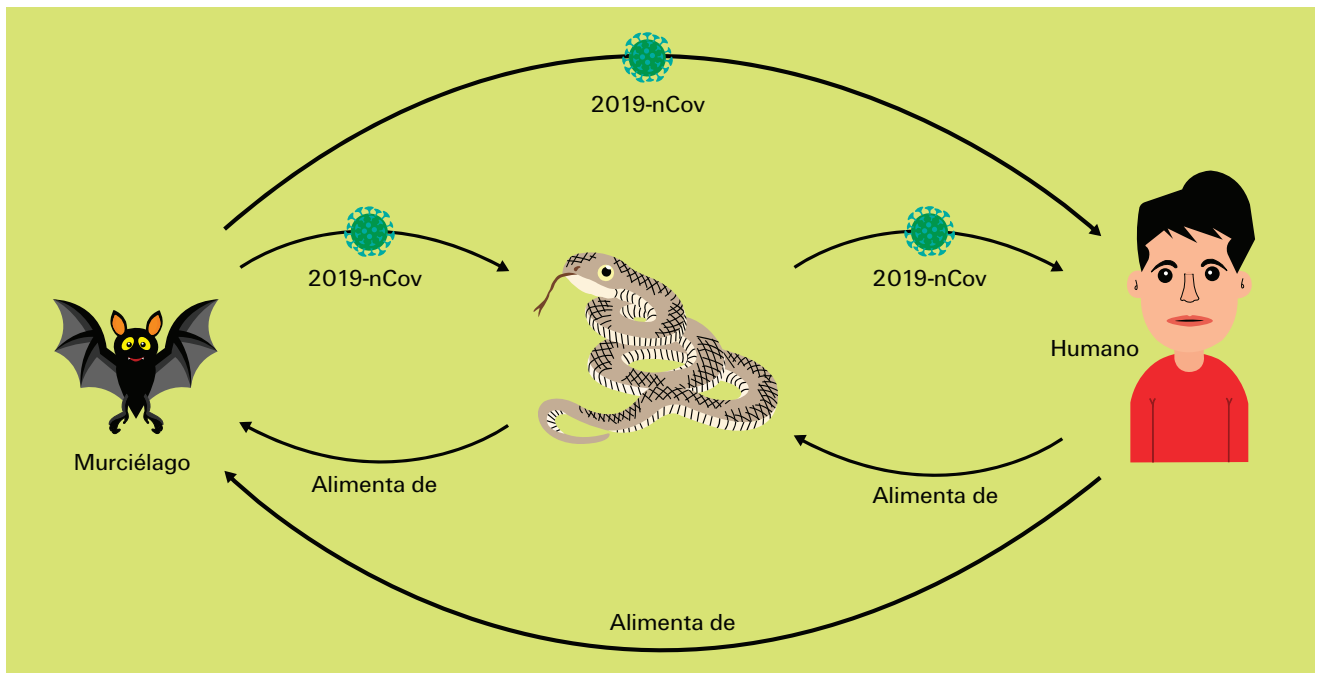
Hoy los científicos investigan las rutas que pudieron dar lugar a la transmisión del SARS-CoV-2 desde su hospedero natural, un murciélago, al ser humano. Existen algunas hipótesis, pero al momento no se cuenta con evidencia sólida que apunte a una ruta como la más probable. Sin embargo, detrás de la transmisión del SARS-CoV-2 de los murciélagos al humano hay fases y factores comunes a todas las zoonosis, los cuales son cotidianos, como la existencia de infecciones naturales en hospederos animales, el contacto y la interacción cercana humano-animal, nuestro uso intensivo de los recursos naturales y la degradación ambiental. Esta última resulta clave en la emergencia de enfermedades zoonóticas, pues la destrucción de bosques y otros ambientes naturales provoca la expulsión de los animales de sus há-

bitats naturales hacia ambientes antropizados, por lo que se propicia el contacto con los seres humanos.

¿Cuál es la conexión entre la biodiversidad y las pandemias?

Las enfermedades infecciosas de origen zoonótico necesariamente implican la interacción entre dos especies: el hospedero (donde se desarrolla el patógeno) y el receptor (la especie que recibe al patógeno). En algunas ocasiones, una tercera especie está involucrada, llamada vector, cuyo papel es ser el puente de transmisión entre el hospedero original y el receptor.

Para ciertas enfermedades existen múltiples posibles hospederos, y no todos ellos necesariamente desarrollan la enfermedad, mientras que en otros casos, como el virus del Nilo Occidental, diversas especies funcionan como vectores que pueden transmitir la enfermedad de un hospedero a otro. Cuando la ruta de transmisión de un patógeno desde el hospedero original involucra a hospederos intermedios, éstos pueden funcionar como amplificadores de la enfermedad. Por ejemplo, en el caso del virus de Nipah, la transmisión del murciélago al humano fue por medio de puercos en granjas porcícolas, los cuales funcionaron no sólo como puentes, sino como amplificadores de la dosis viral a la que los humanos estuvieron expuestos. Por lo tanto, las enfermedades



infecciosas son sistemas ecológicos que implican interacciones entre múltiples especies.

El estudio de la relación entre la biodiversidad y la transmisión de enfermedades infecciosas tiene una larga historia. Hace más de cien años, un grupo de entomólogos médicos propuso que una mayor diversidad de hospederos potenciales podría tener como consecuencia una disminución en la transmisión de enfermedades infecciosas. Los investigadores proponían que era posible reducir la tasa de infección por malaria en humanos si se ofrecían hospederos alternativos, específicamente ganado, al vector de la enfermedad, un mosquito. Esta idea sobre la relación entre la diversidad y las enfermedades se extendió también al ámbito de las plantas, y en particular a los cultivos, a mediados del siglo pasado, cuando se reconoció que una manera de mitigar las enfermedades en las plantas podría ser mediante un aumento de la diversidad de los ecosistemas, lo que implicaría una reducción en la densidad de la planta hospedera del patógeno. Es inevitable resaltar aquí que la milpa, un sistema de cultivo diverso, presenta menor incidencia de **herbivoría** y patógenos en comparación con los sistemas de monocultivos.

La relación inversa entre biodiversidad y transmisión de enfermedades se debe a un efecto de dilución de la enfermedad: al aumentar la diversidad de posibles hospederos se reduce la tasa de transmisión de la infección, pues no todos los hospederos son tan eficaces en la transmisión, debido, por ejemplo, a diferentes tasas de encuentro entre hospederos originales y receptores, o bien por las tasas de interacción con los vectores potenciales; también ciertos hospederos pueden impedir directamente la transmisión de la enfermedad. En estudios recientes se ha demostrado que este efecto de dilución como resultado de una mayor biodiversidad se observa en diversos patógenos y en distintos contextos ecológicos. Por lo tanto, todo esto indica que la disminución de la diversidad natural inducida por las actividades humanas puede incrementar la abundancia de patógenos de origen zoonótico y, consecuentemente, puede estar relacionada con un aumento en el riesgo de enfermedades para los seres humanos.

La continua y acelerada destrucción de las áreas naturales inevitablemente significa un aumento de la exposición de los humanos a nuevas enfermedades zoonóticas. Al igual que los humanos, los animales conviven con una gran diversidad de patógenos, y lo han hecho

a lo largo de su historia evolutiva. La mayoría de estos patógenos son inofensivos para nuestra especie; sin embargo, algunos no lo son. Por ejemplo, se han detectado cerca de 3 200 cepas de coronavirus en los murciélagos, y aunque la mayor parte no representa una amenaza inminente para los humanos, dos de ellos, encontrados en el sureste de Asia, son responsables de las enfermedades SARS y COVID-19.

No obstante, el problema no son los murciélagos, pues en condiciones naturales es muy poco probable que éstos transmitan las enfermedades a otros animales (incluidos los humanos) o que entren en contacto con nuevas enfermedades, puesto que ocupan hábitats específicos. Además, como vimos, en los ambientes naturales no degradados por la actividad humana la prevalencia de enfermedades suele ser baja, debido a una alta diversidad de hospederos y una menor probabilidad de transmisión entre distintas especies. En efecto, investigadores en Brasil han encontrado que la prevalencia de enfermedades virales en murciélagos en zonas deforestadas es de 9.3%, comparada con tan sólo 3.7% en bosques conservados.

Las enfermedades están naturalmente diluidas en los ambientes naturales, pero esta dilución se pierde como resultado de la destrucción del hábitat y la explotación intensiva de los recursos naturales. La destrucción del hábitat natural de las especies las obliga a buscar alternativas, y algunas de ellas, como los murciélagos, se adaptan bien a los ambientes antropizados, lo que aumenta la probabilidad de contacto con los humanos y, por lo tanto, la transmisión de enfermedades. De hecho, aunque pueda parecer que la pandemia causada por el virus SARS-CoV-2 fuese algo imprevisible, hace dos años un grupo de investigadores predijo que surgiría un nuevo coronavirus en Asia, en parte, por la deforestación y otras presiones ambientales que afectan fuertemente a esa región.

En los casos de zoonosis, la evidencia apunta a que van ligados a un uso del ambiente relacionado con la degradación y destrucción. Los espacios urbanos se expanden, las áreas rurales mixtas van desapareciendo, y el aumento de hábitats naturales fuertemente alterados, incluso devastados, obliga a que haya interacciones que antes eran menos frecuentes. Al poner presión sobre los sistemas naturales, es cada vez más común que las especies de animales silvestres se vean obligadas a utilizar los espacios donde ahora hay presencia y actividad humana, muchas veces cotidiana y cada vez más intensiva. Por ejemplo, el virus Nipah, causante de una enferme-

Herbivoría
Consumo de plantas por parte de animales.



dad que puede ser desde asintomática hasta producir la muerte generalmente por encefalitis, fue detectado por primera vez en 1998 en granjas porcinas de Malasia que se encuentran en áreas en donde hasta hacía poco había bosque primario habitado por murciélagos frugívoros. El bosque fue reemplazado y los murciélagos, sin tener a dónde ir, ahora coexisten con un gran número de puercos criados en espacios reducidos y en contacto directo y constante con humanos. Otros eventos de transmisión zoonótica protagonizados por el virus Nipah se han dado de forma independiente en algunas regiones de Bangladesh y la India, pero también han estado asociados a la degradación ambiental.


Por lo tanto, la biodiversidad brinda un servicio ambiental adicional, que es la mitigación de la transmisión de enfermedades infecciosas. La pandemia actual debería hacernos reflexionar sobre la relación que tenemos con la naturaleza, pues la destrucción del hábitat y la explotación desmedida de los recursos naturales nos exponen a un riesgo cada vez mayor de tener enfermedades emergentes. Es imperativo dejar de ver al desarrollo como contrapuesto a la conservación, pues nuestro bienestar y salud están íntimamente ligados con el buen estado de los ecosistemas naturales. Es claro que la vida del ser humano depende del uso de los recursos naturales y del ambiente, cuya explotación ha incrementado en intensidad debido en parte al crecimiento poblacional de nuestra especie: ¡hoy somos más de 7 500 millones de humanos en este planeta! Nuestro modo de vida nos ha llevado a habitar pueblos y ciudades con altas densidades poblacionales, donde una infección puede diseminarse con gran facilidad. Además, las economías de estos núcleos humanos dependen fuertemente de estar interconectados, de modo que es común la movilidad entre ciudades y pueblos en puntos distantes, incluso opuestos, de la Tierra. Esta gran interconexión facilita que una epidemia se vuelva una pandemia. En otras palabras, la elevada movilidad de los humanos, a escalas nunca antes vistas en nuestra historia, facilita la transmisión de una enfermedad no sólo entre ciudades, sino entre países e incluso entre continentes.

un lado, hay especies silvestres con las que tenemos un contacto marginal en cuanto al riesgo médico; en este grupo están muchos grandes mamíferos, como leones o ballenas. En segundo término, están las especies silvestres cuyo uso o manejo está regulado –esencialmente prohibido–, ya sea con fines de conservación o porque la interacción con ellas es riesgosa por cuestiones sanitarias. En algunos casos se cumplen ambas restricciones de manera simultánea, como con algunos grandes primates. En tercer lugar, están las especies que hemos domesticado y con las que mantenemos una relación íntima y cotidiana. En este grupo están los pollos, las vacas, los caballos y los puercos. Todos estos grupos pueden ser el primer punto crítico de transmisión de patógenos que podría desajustar la **adaptación médica** del ser humano.

El segundo punto crítico de una pandemia es la transferencia del patógeno. La probabilidad de que ocurra es, en principio, baja, pero aumenta con el tamaño de la población humana y la tasa y forma del contacto con el hospedero o con el vector. La tasa de contacto parece depender del tamaño de la población del patógeno en la especie de la que proviene (es decir, del grado de infección en el hospedero original). Este tamaño es generalmente bajo, a menos que la enfermedad sea ya una epidemia en la especie originaria (lo que parece ser raro, con base en los casos conocidos). Las formas de contacto que posibilitan una transmisión del patógeno de una fuente animal a un humano suelen ser íntimas, a través de los fluidos, las heces o por contacto directo con los tejidos de la especie originaria.

El tercer punto crítico se refiere al grado de desajuste que causa el patógeno en la población humana. Este factor depende básicamente de la letalidad (número de fallecidos/número total de infectados) de la infección, y es en este punto donde se articulan las políticas públicas asociadas a la salud con aquellas asociadas a la economía. No obstante, algunos desajustes no se corrigen, ni por razones económicas ni por razones de salud pública. Así, por ejemplo, aunque hay 14 000 muertes anuales relacionadas con la contaminación ambiental en el Valle de México, asociadas al azufre, ozono y partículas suspendidas, entre otras, esta pérdida se considera “aceptable” desde un punto de vista económico, aunque no lo sea ética ni socialmente. De la misma manera, la influenza AH1N1 causó aproximadamente 264 fallecimientos en la temporada 2009-2010, lo cual se considera, de cierto modo, “aceptable”. Si, por otro lado, el

Adaptación médica
Ajuste de la salud del ser humano a las condiciones ambientales.

 **Las aduanas y otros puntos críticos de una pandemia**

■ Nuestra relación con otros animales define las formas en las que puede darse la transmisión zoonótica. Por

desajuste produce modificaciones del ciclo de vida humano (sobrevivencia, reproducción, edad reproductiva) durante varias generaciones o favorece que el patógeno sea menos letal (actualmente la influenza tiene una letalidad de 0.028%), se modificaría el nicho de la especie humana y la selección natural cambiaría los rasgos tanto del virus como del ser humano. A este proceso, que poco a poco restablece un nuevo nicho ecológico e incrementa la adaptación de ambas especies, le podemos llamar “reajuste”. Al parecer, la modificación del nicho por parte de las unidades interactuantes lleva a un proceso cíclico de una continua construcción del nicho producido por el desajuste en la interacción. En cada una de las partes interactuantes, sociedad y naturaleza, se genera un desajuste entre los genotipos de los humanos y las presiones de selección nuevas. En general, estas presiones del ambiente actúan sobre todas las especies y promueven cambios que a veces desajustan sus ciclos de vida.



Las epidemias cíclicas como desajustes y reajustes en la adaptación humana

En el tiempo anterior al entendimiento de los procesos geológicos, de cambios climáticos y de evolución biológica, la humanidad pensaba que el mundo era estático. La naturaleza, los continentes, las lluvias, todos eran considerados estáticos o fenómenos con una periodicidad fija. No obstante, gracias al desarrollo de una nueva visión que inició con la Ilustración, la humanidad se dio cuenta de que el mundo cambia continuamente, quizá no en una escala de tiempo de decenas de años, pero sí en cuestión de centenares, miles o millones de años. Precisamente, a estas escalas las poblaciones y las especies modifican los rasgos de su ciclo de vida; es decir, cambian las características de su nacimiento, su sobrevivencia y la forma de su reproducción.

Por otro lado, el ser humano ha enfrentado, a lo largo de su historia, múltiples cambios ambientales, tanto geográficos como temporales. Desde su origen en África, la humanidad ha colonizado todos los continentes y ambientes, desde las estepas de Asia y las selvas tropicales, hasta las tierras altas del Tíbet y las costas del sureste asiático. Desde un punto de vista temporal, la humanidad ha estado sujeta a varios procesos de cambio climático; en particular, durante los últimos 10 000 años, el aumento de la temperatura ha hecho que nuestro ambiente y nuestras adaptaciones a éste hayan cam-

biado. Por ejemplo, la migración de las zonas bajas de Asia a las tierras altas del Tíbet implicó que los humanos se enfrentaran a un ambiente con poco oxígeno. Este desajuste entre el ciclo de vida humano y el ambiente se enfrentó a un proceso de adaptación de reajuste. La selección natural normalmente puede enfrentar un desajuste, y después de varias generaciones puede lograr el regreso a un ajuste; en este caso, a partir de cambios que permitieran a la población tibetana enfrentar los bajos niveles de oxígeno. Éste es un ejemplo de desajuste entre el ambiente y la selección natural en los humanos.

En un ejemplo evolutivo tradicional se concibe que, al cambiar el ambiente, hay un desajuste, y que el reajuste se da a partir de variantes preexistentes que confieren una mayor adecuación en el entorno cambiante. El betacoronavirus que causa la COVID-19 tiene una gran adaptación en cuanto a dos rasgos: el primero es una gran transmisibilidad; el segundo, una modificación en cuatro de sus aminoácidos por una inserción en la proteína llamada de espiga (*spike protein*, S) que aumenta la afinidad por el receptor ACE-2 presente en las células humanas. La comparación de esta secuencia genómica con las secuencias de virus SARS-CoV-2 provenientes de murciélagos y de pangolines sugiere que la parte que rodea a la región mutada es más similar al caso del pangolín, pero la región insertada no tiene ninguna semejanza con ninguna secuencia conocida hasta ahora, lo que sugiere que la evolución de esta mutación probablemente ocurrió una vez que el virus infectó de manera recurrente a los humanos. Un hecho curioso es que los estudios *in silico* (es decir, de modelado computacional) no muestran que la secuencia del SARS-CoV-2 sea óptima en su unión al receptor ACE-2 humano. Como puede verse en este ejemplo, lo que ocurrió cuando el SARS-CoV-2 infectó a nuestra especie corresponde a un proceso de desajuste de la adaptación que existía entre el virus y los receptores celulares de otros hospederos, como murciélagos y pangolines. De hecho, el nicho del virus, esto es, la combinación de las condiciones en las que el SARS-CoV-2 sobrevive, se amplió y ahora incluye a la especie humana. El efecto de la ampliación del nicho es grande, además, porque la cantidad de seres humanos es enorme, sobre todo cuando se pone en el contexto de la tasa de mutación y el tiempo de generación del virus. Es de esperar que, en éste y otros casos, la selección natural actúe sobre una gran cantidad de variantes virales que acaben favoreciendo a una variante particularmente efectiva. Es



decir, las condiciones de ampliación del nicho a uno con una gran distribución geográfica, la tasa de mutación y la selección natural producirán este escenario de manera razonablemente frecuente.

De esta forma, las características biológicas y patogénicas del virus se modifican y, consecuentemente, la pandemia, por razones médicas y económicas, también modifica los rasgos del ciclo de vida de los seres humanos. En el caso actual posiblemente se modificará, por ejemplo, la estructura de edades de la población humana o su tasa de reproducción. Dependiendo del futuro de nuestra relación con el SARS-CoV-2, estos cambios pueden incluir otros, como modificaciones de la sobrevivencia o de la edad de primera reproducción. Así, la humanidad puede disminuir la probabilidad de infección del virus, ya sea por medio de modificaciones de aspectos socioeconómicos, rasgos biológicos o ambos; es decir, a partir de una modificación del nicho de invasión del virus. El SARS-CoV-2 también puede evolucionar adaptándose a los rasgos de respuesta de la humanidad, tanto en sus aspectos biológicos como en los socioeconómicos. En este punto hay una disyuntiva respecto del destino evolutivo de un patógeno: un camino es que evolucione a ser un superpatógeno de alta letalidad; otro es que evolucione a tener una relación menos patogénica con el ser humano, al estilo de otros virus que causan diferentes modalidades de gripe.

En este contexto, se puede entender que las olas y los rebrotes subsecuentes de enfermedades infecciosas suelen ser menos agresivos que al inicio. Este proceso de atenuación puede deberse, en parte, al reajuste mediado por cambios en las dinámicas poblacionales, tanto del patógeno como humanas, después del encuentro inicial entre un agente infeccioso y un hospedero nuevo. Si bien este proceso de reajuste es natural y podríamos pensar que llevará a una convivencia no letal entre patógenos y hospederos, en el transcurso se perderán muchas vidas, y la economía sufrirá también de forma importante, como lo estamos viviendo hoy.



Nuestra relación con la biodiversidad y el ambiente

Debido a su origen, el riesgo de las zoonosis es mayor en aquellos ambientes donde la relación entre el ser humano y otros animales implica una exposición directa o indirecta más frecuente o en condiciones que faci-

ten la transmisión. Los hospederos se encuentran en mayor proporción en sus ambientes naturales (selvas, arroyos, bosques, praderas, planicies, etcétera) y es fácil imaginar cómo nuestra incursión en ese mundo puede incrementar nuestra exposición a los agentes patógenos. Actividades como la caza y la pesca (ya sea deportiva o por necesidad), el ecoturismo o incluso la investigación científica pueden facilitar nuestro contacto con agentes infecciosos nuevos para nuestra especie. Sin embargo, estos contactos suelen ser poco comunes comparados con el contacto que tenemos con los animales domésticos, que se da tanto en el contexto de las actividades agropecuarias como en el de otras facetas de la vida humana, entre ellas, el contacto con animales para transporte, carga, recreación y compañía (mascotas).

Las actividades agropecuarias son particularmente relevantes porque la crianza de animales se da a escalas masivas e intensivas, que involucran a cientos de miles de individuos a la vez, ya sea para consumo humano (puercos, vacas, pollos, etcétera), uso de sus pieles (por ejemplo, granjas de visones) o criaderos de mascotas (roedores, gatos, perros mapache en Asia). El carácter masivo e intensivo de estas actividades puede facilitar que funcionen como amplificadores de contagios. Hay otras actividades, como la caza y el comercio –usualmente ilegal– de especies silvestres, que, a pesar de ocurrir a escalas menores, también pueden cobrar importancia porque involucran el traslado de agentes infecciosos hacia lugares con densidades poblacionales altas, como pueblos o ciudades.

En el caso de otras epidemias o pandemias (dengue, chikunguña, zika, enfermedad de Chagas, etcétera) existen especies que funcionan como puentes o vectores; entre éstas se incluyen varias especies de mosquitos, la chinche besucona, entre otras. Estas epidemias representan mecanismos de infección asociados a las especies de vectores que tienen dinámicas poblacionales particulares. Por ejemplo, el mosquito *Aedes albopictus*, que transmite el zika y el dengue, es una especie invasora en muchas partes del planeta que se ha beneficiado del aumento de la perturbación de los ecosistemas naturales, de la antropización de éstos y del aumento de la temperatura promedio y la ampliación de los valores máximos de temperatura de diversas regiones.

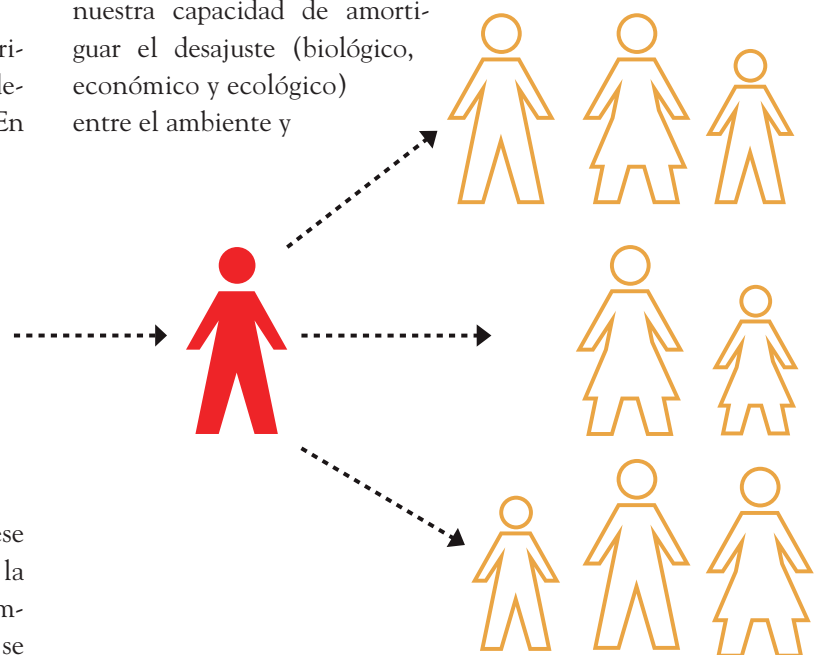
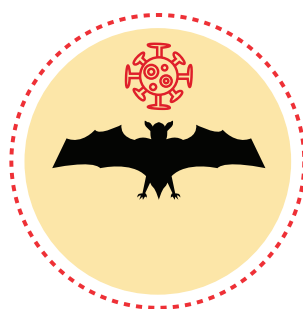
Aunado a los problemas cada vez más graves por la destrucción ambiental, el cambio climático que hoy enfrentamos puede exacerbar también los efectos aso-

ciados a las zoonosis. Así como se dan desajustes por la exposición novedosa de un patógeno con un hospedero, también se presentan por la exposición a condiciones ambientales distintas. Una consecuencia del cambio climático es que habrá muchos de estos desajustes entre las especies y sus ambientes, lo que motivará los desplazamientos y cambios en la distribución según sus preferencias o posibilidades ambientales. Estas alteraciones pueden propiciar que haya interacciones entre animales y humanos que antes no ocurrían o eran poco comunes y, por lo tanto, dar lugar a condiciones en las que puedan presentarse nuevos eventos de transmisión de patógenos.

Herramientas para enfrentar las epidemias zoonóticas

Para muchas enfermedades infecciosas, sobre todo las que como la COVID-19 son producidas por virus, no existen tratamientos médicos efectivos. En la pandemia actual, los tratamientos médicos tienen como propósito mitigar los efectos negativos que causa la enfermedad, por ejemplo, la reacción inflamatoria, que puede llevar —en una minoría de casos— a la llamada tormenta de citocinas, una reacción desmedida del organismo ante la infección. Sin embargo, hay ejemplos de enfermedades infecciosas que hemos podido enfrentar con éxito gracias a una combinación de medicamentos antivirales y supresores del sistema inmune, como en el caso de infección por VIH.

Una forma efectiva de enfrentar las epidemias de origen viral es mediante las vacunas. Sin embargo, su desarrollo implica un proceso arduo, largo y complejo. En algunos pocos casos, hemos logrado producir una vacuna eficiente que al ser administrada de forma amplia nos ha permitido erradicar las enfermedades. Por ejemplo, el desarrollo de la primera vacuna en 1796 permitió que en 1980 (¡casi 200 años después!) la viruela fuese declarada erradicada por la Organización Mundial de la Salud. Esta enfermedad ha estado ligada a eventos importantes en el devenir histórico de la humanidad; se



estima que, introducida por los españoles a América, la viruela fue responsable de alrededor de 30 millones de muertes en la época de la Conquista. Otro ejemplo de éxito en el control de enfermedades infecciosas mediante el desarrollo de una vacuna es el de la poliomielitis, cuyos casos han sido reducidos en un 99% gracias a una amplia disponibilidad de dosis efectivas. Asimismo, se ha logrado una reducción de 80% en el caso del sarampión gracias a las vacunas.

Es importante resaltar que ni la viruela ni el sarampión ni la polio cuentan con hospederos animales conocidos. En cambio, los casos de zoonosis recientes o que tienen hospederos naturales son los más difíciles de controlar y erradicar, en parte, porque los patógenos pueden continuar existiendo en los hospederos y volver a infectarnos. Un caso relevante es el de la influenza aviar A (H5N1), que es altamente letal en humanos (aproximadamente muere 60% de los infectados) y que reemerge de cuando en cuando tras alguna exposición a aves infectadas, sobre todo en el contexto agropecuario de crianza y manejo de pollos.

Si bien la humanidad cuenta con avances médicos y tecnológicos sin precedentes, es muy difícil —quizá imposible— mantener un ritmo de generación y de producción de vacunas (o tratamientos) para enfrentar enfermedades nuevas cada vez más frecuentes. La prevención es, por lo tanto, fundamental. En el caso concreto de la COVID-19, mientras no contemos con un tratamiento o una vacuna que sean efectivos, nuestra capacidad de amortiguar el desajuste (biológico, económico y ecológico) entre el ambiente y



la humanidad causado por esta pandemia (así como de otras similares en el futuro) dependerá de las medidas de mitigación, como reducir los contactos sociales para disminuir la transmisión del patógeno entre personas.

Pero tal vez la parte más importante de la prevención es reflexionar acerca de nuestra relación con el ambiente y la diversidad. La mejor forma de prevenir los eventos zoonóticos que lleven a pandemias como la que vivimos hoy es replantear la forma en que nos relacionamos con la biodiversidad y la naturaleza. Esto significa que enfrentamos retos grandes e importantes, pues los humanos dependemos de los recursos naturales para sobrevivir, y hasta ahora no hemos logrado tener sociedades equitativas donde los servicios básicos (salud, alimentación, hogar y educación) estén garantizados para todos.

Al mismo tiempo, debemos poder asegurar que nuestras formas de convivencia con la biodiversidad minimicen los riesgos de zoonosis que puedan dar lugar a pandemias con consecuencias médicas y económicas devastadoras. La conservación de los hábitats naturales para que la vida silvestre no se vea obligada a convivir con nosotros es fundamental. El establecimiento y la implementación de protocolos sanitarios adecuados para la producción y transporte de alimentos, así como para la crianza de animales con otros fines, son muy importantes. Esto evitará que, en un futuro, debamos implementar medidas tan drásticas como las que han sido necesarias para prevenir las zoonosis, y que han llevado a que en días recientes se exterminen grandes cantidades de visones en Holanda, con consecuencias éticas y económicas importantes. Es necesario también regular las prácticas relacionadas con el uso y comercio de la vida silvestre, sobre todo hacia puntos de alta densidad poblacional humana.



**Prevención de epidemias y pandemias:
una receta multidisciplinaria**

Sin duda, vivimos una época en que las cantidades de información científica, y en particular de temas ambientales y sobre la biodiversidad, son enormes. A continuación, usaremos un ejemplo acorde a la pandemia de COVID-19 para mostrar cómo el conocimiento acerca de la conservación de los ambientes naturales debería ser la base para generar e implementar las políticas de salud pública. Con certeza, las pandemias virales son una pequeña muestra de lo que debemos cambiar respecto

a nuestra relación con el ambiente. Es necesario considerar, por un lado, la heterogeneidad del estado de los ecosistemas y, por el otro, la homogeneidad que un fenómeno global como el cambio climático produce sobre dicha heterogeneidad ambiental y social.

El SARS-CoV-2 tiene en su sencillez genómica una puerta para identificar de manera concreta cómo la humanidad tendrá que enfrentar nuevos retos que son globales, pero que a la vez tienen un componente local fundamental. Las variables de este ejemplo son la patogenicidad del virus, es decir, la capacidad que tiene de producir un daño grave a la salud, incluso la muerte; así como su transmisibilidad, esto es, el grado de contagio que despliega el virus y que tiene que ver tanto con la forma en que se dispersa como con su afinidad por nuestro receptor celular ACE-2, pero también con la densidad y la movilidad de las poblaciones humanas. Cuando analizamos las maneras en las que estas variables pueden ser controladas, es evidente que poco podemos hacer con respecto a los factores inherentes al virus, pero es mucho lo que podemos hacer en los aspectos asociados a nosotros.

En el corto plazo y de manera inmediata, las medidas que lleven a disminuir la transmisión del virus son muy importantes; por ejemplo, las propuestas de mitigación, como el uso de barreras (cubrebocas), reducir nuestra movilidad y las interacciones sociales (distanciamiento). Todo esto es fundamental para evitar un mayor número de muertes como resultado de la saturación hospitalaria; incluso, a pesar de los efectos económicos, sociales y psicológicos potencialmente negativos. No obstante, las medidas que realmente disminuyan las zoonosis necesariamente descansarán en replantear nuestra relación con la naturaleza. Así, para abordar estos problemas, la humanidad debe poner atención en asuntos relacionados con la economía, el estado de salud de la población, el bienestar social y psicológico, así como la investigación científica y la sustentabilidad ambiental. Es por medio de la planeación a mediano y largo plazo que los problemas que hoy enfrentamos se pueden solucionar; en particular y por nuestra experiencia, esta planeación debe concentrarse en tres áreas.

En primer término, la investigación científica, la tecnología y la innovación deben ser pilares para la toma de decisiones en todos los ámbitos de las políticas públicas, con base en la información más confiable y útil. Es mucho lo que puede aportar el conocimiento derivado de

esta pandemia. Las ingenierías, la sociología, la medicina, la biología, las matemáticas, la psicología y la nanotecnología, entre otras, ahora colaboran en contextos y con objetivos hasta cierto punto inesperados, ya sea directamente en el cuidado de los enfermos y el desarrollo de tecnología, tratamientos o vacunas para enfrentar la enfermedad, o bien en el monitoreo epidemiológico y la evaluación de factores biológicos y sociales asociados a la pandemia.

En segundo término, las políticas de salud pública deben no sólo enfocarse en enfrentar este tipo de problemas epidemiológicos, sino que también deben enfrentar las condiciones que debilitan el estado de salud de la población mundial. Entre estas condiciones actualmente destacan la alimentación y la prevención de enfermedades crónico degenerativas o que deprimen el sistema inmune, pues aumentan el riesgo de perder la salud y la vida.

En tercer lugar, es imperativo impulsar una forma de vida acorde con un reconocimiento de la sustentabilidad para el uso los recursos del planeta y como fundamento de nuestro nivel de salud pública. Cabe resaltar aquí la importancia de la ciencia básica que aporta los cimientos del conocimiento necesario para la conservación y el manejo sustentable de las áreas naturales.

Todas estas estrategias, que requieren monitoreo, planeación y actuación inmediata, no sólo evitarán que las zoonosis se conviertan en tragedias, sino que también desempeñarán un papel esencial en la prevención de futuras pandemias, además de que serán una clave para resolver los problemas sociales y económicos más serios por los que atraviesa la humanidad.

Quizá el punto más importante es promover políticas públicas basadas en la ciencia y la equidad, en el acceso a servicios de salud y de educación que sean públicos y de alta calidad, con la visión de la conservación de la biodiversidad y el ambiente como una prioridad. Si bien es un reto grande, probablemente sea el único camino para evitar pandemias como la que vivimos hoy. De no cambiar nuestra relación con la naturaleza, estos fenómenos sólo serán más frecuentes y tendrán consecuencias más devastadoras. Solamente por medio de actividades coordinadas entre los diferentes niveles de gobernanza

podremos contener el avance de estas tragedias, reconociendo que es en los distintos grupos sociales en donde se detectarán de mejor manera las soluciones particulares a los problemas.

Reconocimientos

■ Quisiéramos dejar constancia de nuestro recuerdo para las víctimas de la COVID-19, quienes sufren y han sufrido soledad e impotencia ante una enfermedad muy cruel. Asimismo, agradecemos al personal médico que con medios muy limitados y poniendo en riesgo su salud y su vida ha encontrado mil maneras de ayudar a los enfermos.

N. Ivalú Cacho

Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

ivalu.cacho@ib.unam.mx

Alejandro González Voyer

Departamento de Ecología Evolutiva, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.

alejandro.gonzalez@ieecologia.unam.mx

Daniel Piñero

Departamento de Ecología Evolutiva, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.

pinero@ecologia.unam.mx

Lecturas recomendadas

Andersen, K. G., A. Rambaut, W. I. Lipkin, E. C. Holmes y R. F. Garry (2020), "The proximal origin of SARS-CoV-2", *Nature Medicine*, 26:450-452.

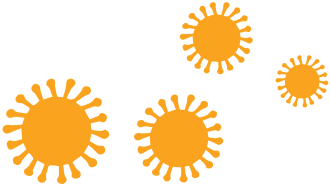
Courtiol, A. et al. (2013), "The Demographic Transition Influences Variance in Fitness and Selection on Height and BMI in Rural Gambia", *Current Biology*, 23(10):884-889.

Hahn, B. H., G. M. Shaw, K. M. De Cock y P. M. Sharp (2000), "AIDS as a Zoonosis: Scientific and Public Health Implications", *Science*, 287:607-614.

Plowright, R. K. et al. (2017), "Pathways to zoonotic spillover", *Nature Reviews Microbiology*, 15:502-510.

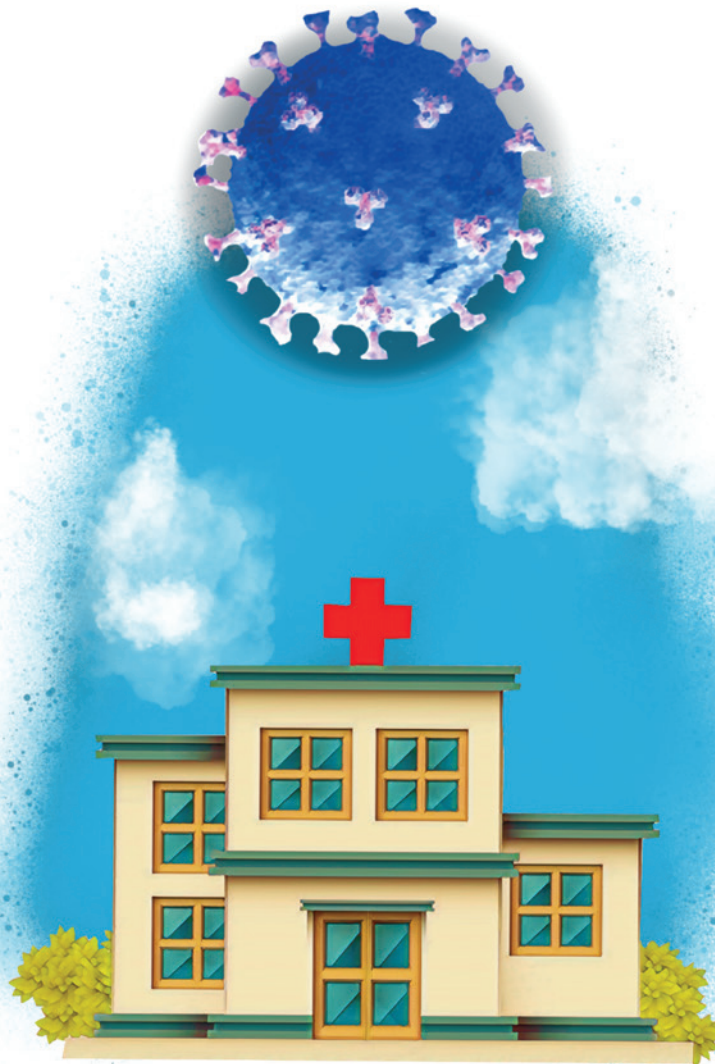
Stearns, S. C. y R. Medzhitov (2016), *Evolutionary Medicine*, Sunderland, Sinauer Associates.

Rodolfo Rincón Pedrero, Sergio Iván Valdés Ferrer y Gerardo Gamba



COVID-19: la experiencia desde un Instituto Nacional de Salud reconvertido

La pandemia de COVID-19 ha impactado en forma importante a la atención, la enseñanza y la investigación médica. Este artículo provee una visión de estas tres esferas desde la perspectiva del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, tras su reconversión como un centro exclusivo para atender la contingencia sanitaria.



Introducción

En diciembre de 2019 se alertó en Wuhan, China, sobre el brote de un nuevo coronavirus que tiene un amplio espectro de afectación: desde la transmisión asintomática hasta una neumonía grave. Sin tener precedente alguno en las actuales generaciones, esta pandemia ha cambiado el paradigma del manejo médico. Con su llegada, modificó la manera de dar atención a los pacientes, produjo un alto riesgo laboral para el personal sanitario, impactó los programas operativos y académicos de los médicos residentes y generó el registro de más de un millar de investigaciones, muchas de las cuales tienen como objetivo la intervención terapéutica experimental. Todo lo anterior, en sólo 150 días. Este artículo provee una visión del manejo asistencial de la pandemia desde la perspectiva médica en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, tras su reconversión para atender esta contingencia sanitaria.

El 28 de febrero de 2020 se reportó el primer caso en México de infección por el nuevo coronavirus SARS-CoV-2 y la enfermedad producida por éste, conocida como COVID-19 (*coronavirus disease 2019*). El primer caso en nuestro país fue importado del norte de Italia y se presentó en un hombre de mediana edad. Ese día, en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (en adelante, el Instituto), entregamos los diplomas de graduación a 116 médicos residentes que terminaron un curso de especialidad. Por primera vez en 74 años de historia del Instituto, no se estrechó la mano de los egresados, como un mensaje relevante para toda la comunidad institucional y las familias que asistieron al evento. Ese fue el primer signo de cambio radical. Las cosas no volverían a ser iguales. De inmediato se empezó a convocar a juntas urgentes y a conformar comités institucionales (incluido un comité COVID-19) para lo que era inminente: la reconversión hospitalaria.

En epidemiología y salud pública, el término *reconversión hospitalaria* implica alinear la misión y los objetivos institucionales para atender una amenaza, enfermedad o urgencia, derivada de una pandemia, fenómeno natural o cualquier otro desafío para la sociedad. En ello se contemplan criterios y directrices dentro del marco jurídico que proveen la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley General de Salud, el Consejo de Salubridad General y un vasto número de Normas Oficiales Mexicanas afines. Así, sólo por citar un ejemplo, un hospital pediátrico puede dejar de reci-

bir a la población infantil para enfocarse a atender una urgencia derivada de una amenaza física, biológica, química o de otro tipo.

En este contexto, el 9 de marzo ya teníamos totalmente definido cómo serían la circulación hospitalaria, los procedimientos internos de atención y los protocolos de actuación para pacientes con síntomas respiratorios. La Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró oficialmente la pandemia el 11 de marzo, con las consecuentes implicaciones derivadas de esta decisión. Al día siguiente, antes que ningún otro hospital o universidad en el país –tanto públicos como privados–, hicimos que los 80 médicos internos de pregrado del Instituto se retiraran a cuarentena, medida que inicialmente recibió críticas, pero que posteriormente fue reproducida en otros lugares. El 16 de marzo, el Instituto estaba totalmente reconvertido: dejaría de atender pacientes con enfermedades inmunológicas y hematológicas; detendría los ingresos para estudio por pérdida de peso o adenopatías generalizadas; suspendería por tiempo indefinido los programas de trasplante hepático, renal y de médula ósea; solamente recibiría pacientes con neumonía adquirida en la comunidad.

La reconversión hospitalaria llevó a cambios insospechados en el quehacer cotidiano del Instituto. Se adaptaron los programas académicos y operativos de los médicos residentes, se modificó la tradicional y académica revisión matutina en los sectores de hospitalización y el personal con alto riesgo de complicaciones se retiró a sus hogares. El número de camas de terapia intensiva y **semicríticos** incrementó de 22 en total (14 de la primera unidad y 8 de la última) a 42. El área de observaciones de urgencias fue trasladada –extrañamente– al primer piso de hospitalización. Sólo fue cuestión de horas para tener a 42 enfermos ventilados mecánicamente.

Todos los residentes de medicina interna, de segundo a cuarto año –excepto aquellos de último año que tuvieron que cumplir en ese periodo con su rotación social comunitaria–, fueron destinados, junto con los residentes de medicina del enfermo en estado crítico, a la atención de los pacientes con ventilación mecánica y falla orgánica múltiple, enfermos todos, sin excepción, con neumonía adquirida en la comunidad. Surgió entonces otro problema: si los residentes de grados avanzados estaban en un rol de guardias para los 42 pacientes intubados, ¿quiénes atenderían a los pacientes en las camas de hospitalización? Por supuesto, fueron designados

Semicríticos

En el Instituto, así denominamos a una unidad alterna que atiende a pacientes casi igual de graves que los que se encuentran en la unidad de terapia intensiva.



para esta labor los residentes de medicina interna de primer año (quienes apenas tres semanas antes aún no eran residentes).

Así, marzo fue un mes conmocionado, atípico e insólito. De inmediato, la dirección médica recurrió a todos los especialistas del Instituto que voluntariamente manifestaron su apoyo para entrar a un rol de guardias de 24 horas, incluidos fines de semana y días festivos, a cargo de los sectores de hospitalización. La respuesta no se hizo esperar, en horas, sin consentimientos informados, sin *adendum* contractual ni compensaciones económicas de por medio; médicos adscritos, investigadores médicos y jefes de departamento se enlistaron a las filas de las guardias con plena actitud de servicio, bajo los preceptos de la mística del Instituto (una serie de lineamientos intrínsecos del quehacer de los médicos y graduados, que referiremos en el Recuadro 1). De igual manera, el personal de enfermería, paramédico y administrativo de la institución se abocó a lo que a cada uno correspondía.



La atención de enfermos con COVID-19:

■ un cambio en el paradigma

■ La atención de pacientes con neumonía por COVID-19 no representa un reto mayor para un médico calificado; empero, no es una situación sencilla. Los equipos de protección personal son incómodos y molestos, principalmente en el puente de la nariz y los pabellones auriculares; el cambio de la bata quirúrgica, que debe hacerse con cada paciente y en el pase de visita, se vuelve una rutina que no es extenuante pero sí es peligrosa (está descrito que el retiro de los equipos de protección personal representa un riesgo de contaminación si se rompe o modifica en lo más mínimo la técnica establecida).

Cuando llega un paciente a hospitalización, no hay **anamnesis** ni **semiología** del síntoma cardinal. Casi no tiene relevancia delimitar el inicio del padecimiento actual, ya que la condición es invariablemente aguda. Tampoco se realiza un examen físico completo, mucho menos una exploración neurológica o intervenciones propepédicas armadas. El proceso se vuelve repetitivo: casi todos los pacientes son hombres, la mayoría en la mediana edad o económicamente activa; por lo general, comerciantes o choferes de servicios de transporte público, con sobrepeso u obesidad, y en su totalidad –naturalmente– con neumonía adquirida en la comunidad. El cuadro es el de una viremia o el de una enfermedad

similar a influenza, que para el caso es lo mismo: fiebre, tos, cefalea, malestar general e hiporexia. Pueden o no sumarse otros síntomas propios de los virus: diarrea aguda, dolor precordial (miopericarditis) y dolor articular. Este último, nunca como el observado en la infección por el virus causante del dengue.

Al entrar a la habitación del enfermo, el médico debe estar atento de no acomodar con sus manos el cubrebocas N95, no tocar su cara o incluso no tomar su bolígrafo. El paciente está despierto, atento, tosiendo y sin cubrebocas; en cambio, tiene una mascarilla nasal con reservorio atado a la fuente de oxígeno. El examen físico se limita a observar el monitor y calcular la frecuencia respiratoria. Es muy importante tomar las variables de la escala NEWS-2: frecuencia cardíaca y respiratoria, oximetría de pulso, presión arterial sistólica, temperatura, y observar si está alerta. Además, puede ser relevante definir si el enfermo se exhibe con disnea o sin ésta. No es necesario explorar la glándula tiroides, palpar el hígado o hacer la maniobra de palpación del bazo con ambas manos, único órgano que se explora a la izquierda del paciente.

Todo lo anterior, una y otra y otra vez. Casi la misma nota de evolución podría servir para la mayoría de los pacientes. Por consiguiente, tenemos médicos residentes en formación que casi no pueden aprender de sus revisores: médicos internistas formados, clínicos avezados, semiólogos, con propepédica; todos incapaces de realizar una historia clínica, porque simplemente no existe ésta sin la anamnesis ni la semiología del síntoma, sin el examen físico completo. Se vuelve un quehacer repetitivo y realmente frustrante.

Después, es el tiempo para los informes médicos. A diferencia de la era anterior a la aparición del COVID-19, durante décadas en el Instituto no habíamos visto que los enfermos yacieran solos en sus camas, sin un familiar que estuviera acompañándolos en momentos tan difíciles. Ni siquiera en las unidades de terapia intensiva, con pacientes sépticos y bajo sedación anestésica inducida, incluso con neumonías debidas a agentes microbianos intrahospitalarios y multirresistentes. Hasta en esos casos también hay horarios de visita, pero no es así en tiempos del COVID-19.

Acorde con la dinámica en todo el planeta, la política del Instituto es ofrecer la información de la evolución del paciente a su familia, sólo que por medios tecnológicos que eviten la presencia física. Lo más habitual: la llamada telefónica desde el teléfono personal del médico

Anamnesis

Recopilación de la historia clínica del paciente.

Semiología

En medicina, estudio de los síntomas y signos de las enfermedades.

a otro móvil, el de un familiar de primer orden. En el siglo XXI ya nadie provee un número fijo, y ésta no es la excepción. Suceden entonces todo tipo de abusos: se guarda el contacto del médico; se graba la llamada telefónica sin consentimiento de ninguna clase, ni siquiera verbal; se pide al médico hacer una videollamada o videoconferencia, con el tratante y con el enfermo, o bien con el enfermo, quien no cuenta con datos móviles para establecer este método de telepresencia y, entonces, hay que contaminar el *display* del aparato electrónico propio. Además, no es infrecuente que, al llamar al número telefónico censado al ingreso, quien tome la llamada sea el enfermo mismo en su habitación, a quien ya se le informó su evolución, de viva voz, tiempo antes.

Llega el momento de actualizar las indicaciones médicas. Al igual que las notas de evolución, casi todas son iguales: algún esquema de tratamiento antibiótico para neumonía atípica en lo que se reporta el resultado de la prueba RT-PCR para el virus SARS-CoV-2, lo cual puede llevar de 48 a 96 horas. Este esquema invariablemente incluirá azitromicina, pero de ninguna manera, de primera instancia, cobertura para *Pseudomonas aeruginosa* o gérmenes intrahospitalarios, por obvias razones: la neumonía es atípica y es adquirida en la comunidad. Otras indicaciones se encaminan para el control de la fiebre y cefalea, la anticoagulación, así como la insulinización subcutánea para aquellos enfermos con diabetes *mellitus*. Muchos pacientes ni siquiera están canalizados; puede no ser necesario: en el esquema con azitromicina, paracetamol y ciertos medicamentos que parecen mostrar algún efecto benéfico (por ejemplo, la ivermectina o los antipalúdicos), entre otros, todos tienen ruta de administración oral. Por otra parte, la insulina, la heparina de bajo peso molecular y el tocilizumab son subcutáneos. La enoxaparina puede ser más importante que el resto de los tratamientos; los marcadores de inflamación sistémica, la inmovilidad –ya que se les impide caminar, para evitar contagios al personal de salud en los pasillos– y los productos de degradación de la fibrina, que alcanzan concentraciones plasmáticas insospechadas, hacen que sea un fármaco obligado. Así pues, ésta sí es una rutina. ¿Acaso no resulta frustrante atender pacientes idénticos, a los que no puedes interrogar ni explorar, todos con las mismas indicaciones, para los que no existe un tratamiento específico dirigido? No sabemos para otros médicos especialistas, pero esa es la esencia sustancial para los que nos dedicamos a la medicina interna: la anamnesis y el examen físico.

Recuadro 1.

La mística del Instituto: ¿a qué nos referimos?

Ser un egresado del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán implica adquirir al momento un prestigio que han construido los grandes maestros que nos han antecedido. De manera casi expedita, se obtiene un buen nombre y distinción. A lo largo de los años y las generaciones, se ha contribuido a engrandecer ese crédito del que un egresado de Nutrición goza para ejercer su actividad con influencia en el bienestar de la sociedad y el beneficio propio.

La *mística* del maestro Salvador Zubirán es el espíritu de esa herencia, de esa estirpe, de ese renombre. Un ente histórico con esencia y sin materia. Es el sujeto de la oración gramatical y a la vez modificador circunstancial de las acciones que emprendemos cotidianamente en nuestras vidas. Se manifiesta en 11 enunciados (frases sin conjugación gramatical) que empiezan con un verbo, y en los cuales el sustantivo, de manera implícita, somos la comunidad, proles (del latín), que lo conformamos.

La *mística* de nuestro Instituto es una normativa no obligatoria, con lineamientos dispensables –sí, dispensables– y voluntarios; una ley blanda, pues, intrínseca y distintiva, que caracteriza a los egresados más destacados de ésta, nuestra casa. El linaje que Salvador Zubirán tal vez visualizó con esperanza, como un genuino ensueño. Vivir la *mística* es honrar esa cepa que distingue a nuestra institución con cualidades de mujeres y hombres de servicio, en el más amplio sentido del deber, aplicada a los seres humanos en la concepción más extensa: en sus dimensiones físicas y orgánicas, familiares y sociales, morales y ambientales, a partir de una serie de pensamientos inalterables originados por el maestro Zubirán, a los que conceptualizamos de la manera siguiente:

- Integridad profesional.
- Dignidad social.
- Una doctrina para la ética laboral.

Esta herencia nos hace distinguirnos con cualidades de liderazgo, conocimiento, pericia y compromiso con los semejantes que padecen un proceso de enfermedad. Heredamos una fortuna contenida en la *mística* de nuestro Instituto; empero, adquirimos la responsabilidad de saber vivir con ella. A partir de esta doctrina, que transmitimos entre las generaciones, se abren las puertas, se forja un prestigio, se imprime el profesionalismo y, a la vez, emana de ella la buena conducta. Al deformarla, se pierde esa herencia de composición moral, como en cualquier familia, al tiempo que se pierde una herencia testamentaria.



Medicina traslacional

Proceso por el cual los hallazgos en investigación de laboratorio son trasladados para su utilización en la medicina clínica.

Entonces, si la atención médica no es compleja para los pacientes con neumonía por COVID-19 (no ventilados mecánicamente), al grado de que el tratamiento no requiere ser intravenoso, ¿por qué están hospitalizados 6 días, en promedio aritmético, en el Instituto? La respuesta está en una palabra: oxígeno. Los pacientes tienen insuficiencia respiratoria hipoxémica grave. Esencialmente, se ingresan para recibir oxígeno en alto flujo, en dispositivos con reservorio, en concentraciones que ningún aparato domiciliario o dispositivo por puntas nasales convencionales podría aportar. A la vez, se administran los tratamientos antes citados, que no son específicos contra el virus SARS-CoV-2, pero en combinación con protocolos establecidos de acostar al paciente boca abajo, ayudan a mejorar la insuficiencia respiratoria.

Por último, llega el momento de revisar los ingresos. Hay que bajar al área de urgencias de manera habitual, y en ocasiones a la unidad de terapia intensiva o de semi-críticos, para conocer la condición clínica del paciente que subirá a una cama de hospitalización. Si el enfermo proviene de una de las áreas críticas es una gran noticia. En otras palabras, es uno de los 42 intubados que no ha fallecido; por el contrario, ha tenido una buena evolución y ha sido retirado de la ventilación mecánica invasiva. No obstante, la evolución final es aún incierta, el egreso no está garantizado. Las probabilidades de que haya recaídas son altas, por ejemplo, por sobreinfección bacteriana debido a algún germen nosocomial, complicaciones tromboticas, dificultades clínicas relacionadas con las comorbilidades previas (obesidad, diabetes *mellitus*, hipertensión arterial o cardiopatías crónicas), o bien por comorbilidades adquiridas durante la hospitalización (neuropatía del enfermo en estado crítico, sangrado de tubo digestivo, delirium y desequilibrio hidroelectrolítico).

No importa de dónde provenga el paciente –de urgencias, de las áreas críticas o de la comunidad–, vuelve a suceder lo antes comentado: no habrá anamnesis ni semiología del síntoma cardinal. No tendrá mayor relevancia delimitar el padecimiento actual, tampoco se realizará el examen físico completo. Una vez más, el quehacer médico tendrá un importante componente de frustración.



La investigación clínica y los principios éticos fundamentales

Un Instituto Nacional de Salud es un órgano con personalidad jurídica propia, destinado esencialmente a per-

seguir tres objetivos: brindar asistencia médica de tercer nivel y alto grado de especialidad, formar recursos humanos a partir de la educación médica de alta especialidad y generar conocimiento de la mayor calidad derivado de proyectos originales de investigación clínica, epidemiológica y básica, así como sus hibridaciones, tal como sucede con la **medicina traslacional**. Su misión está, pues, resumida en: asistencia, docencia e investigación.

No es raro que los pacientes del Instituto –al menos en la era anterior al COVID-19– se enrolen en protocolos multicéntricos de ensayos clínicos controlados, a doble ciego o abiertos, para probar drogas novedosas, comparadas con placebo, y al mismo tiempo recibir el tratamiento estándar de referencia al momento. Sin embargo, durante la actual pandemia se presentan varios dilemas, a saber: ¿cuál es el tratamiento estándar de referencia (antes llamado estándar de oro) para el COVID-19? ¿Cuál es el tratamiento para un paciente que cumple con los criterios de inclusión para más de un protocolo en el que puede recibir el activo (fármaco) versus el placebo?

La investigación clínica –es decir, en humanos– es la piedra angular para responder a estas preguntas. Dada la velocidad de propagación del virus en más de 180 países de los cinco continentes, la Organización Mundial de la Salud, los Institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos de América y otras entidades con fuerte influencia han difundido y facilitado una gran cantidad de estudios clínicos y han ejercido recomendaciones en las agencias regulatorias para considerar algunos medicamentos como potencialmente benéficos, a partir de estudios *in vitro*, series de casos, estudios clínicos no experimentales (cohortes) y de acuerdo con la opinión derivada de la experiencia y las observaciones de los expertos. Al momento, para el mes de mayo de 2020, existe una abundancia de investigaciones clínicas registradas: más de 1 400; todos estos protocolos de estudio están encauzados a responder preguntas de investigación sobre el COVID-19. El momento inédito que el planeta vive con esta enfermedad altamente transmisible y potencialmente mortal apremia a la investigación en pruebas diagnósticas, de seguridad de la atención, de tratamientos efectivos, de protocolos de manejo multidisciplinarios y de desenlaces diversos.

En congruencia con lo anterior, para el mes de mayo, además de una treintena de proyectos observacionales para tratar de entender esta nueva enfermedad en varios de sus ángulos, se realizaban en el Instituto ensayos clíni-



cos controlados y otros tipos de estudios clínicos con las siguientes drogas o intervenciones: hidroxiclороquina, remdesivir, tocilizumab, colchicina, piridostigmina, células mesenquimales, plasma de sujetos convalecientes y pifrenidona. Así, además de tratamiento antibiótico para neumonía atípica (azitromicina u otro), tratamiento invasivo o no invasivo con oxígeno suplementario y anticoagulación, cualquier otro tratamiento es por definición investigación clínica.

¿Cómo se puede disponer de un tratamiento estándar si esta enfermedad no existía en noviembre pasado y este virus es una nueva mutación que lo distingue claramente del coronavirus SARS-CoV, causante del síndrome respiratorio agudo (SARS)? En otras palabras, el SARS-CoV-2 es realmente un nuevo coronavirus, producto de mutaciones de la naturaleza, mediante procesos estocásticos. El resultado: un virus con mayor virulencia y más alta tasa de ataque que aquel responsable del SARS, e incluso que el del síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS), que son las neumonías virales asiáticas más graves conocidas antes del COVID-19. Estos fenómenos ocurren todo el tiempo en la naturaleza, aunque con frecuencia no tienen relevancia, y son manifestaciones de procesos conocidos, como la selección natural, las zoonosis, las traslocaciones, las mutaciones y otros eventos biológicos en genes al azar y fenómenos de adaptación.

Así las cosas, no es raro que un paciente hospitalizado en el Instituto cumpla con los criterios de inclusión para casi todos los protocolos. Una vez más, como se describió antes, la práctica médica parece frustrante. El paciente, sin consultar con su familia y probablemente influenciado por el temor a morir o por el propio escenario de aisla-

miento hospitalario, acepta –casi siempre– enrolarse en algún protocolo, muy probablemente sin comprender que puede recibir uno u otro activo, sea un fármaco antiviral prodroga de la adenosina (análogo de nucleótidos), anti-citocina, antiinflamatorio, anticolinesterásico o placebo. Por lo menos hay 13 opciones entre activos, placebos y plasma; este último, en ensayo abierto (sin placebo).

La premura de las publicaciones durante la pandemia

■ Hemos presenciado en apenas un centenar y medio de días la convulsa evolución de los antipalúdicos para el manejo del COVID-19. Este tema es digno de mayor detalle. Resulta que una pequeña serie de casos de esta enfermedad, dada a conocer el 16 de abril en la revista de la Asociación Médica Estadounidense (JAMA), mostró que la cloroquina e hidroxiclороquina parecían ser fármacos prometedores. Esta observación incluyó hasta el 11 de abril a 97 pacientes tratados con hidroxiclороquina, 113 pacientes con lo mismo más azitromicina y 158 pacientes sin el antipalúdico. De manera paralela, el presidente de la nación más poderosa del planeta publicó en su cuenta de Twitter que él tomaba hidroxiclороquina para prevenir el COVID-19. La Administración de Alimentos y Medicamentos de ese país (FDA), que es una de las más prestigiadas agencias de regulación sanitaria, “autorizó para uso de emergencia” el antipalúdico para tratamiento de COVID-19 en adultos hospitalizados de más de 50 kg de peso; sin embargo, dicha autorización tuvo que revocarse poco más de dos meses después (el 15 de junio), en parte, por la prácticamente nula evi-



dencia de beneficio. Aunque la recomendación fue para individuos hospitalizados con neumonía, este fármaco se agotó en el mercado en casi todo el mundo, lo que provocó que los pacientes con lupus eritematoso y artropatías inflamatorias se quedaran sin tratamiento para sus padecimientos sistémicos. El 24 de abril, un estudio publicado también en *JAMA* reportó que el uso de altas dosis de cloroquina para el tratamiento de neumonía grave resultó no ser seguro, debido a riesgos inaceptables de cardiotoxicidad, sin impactar positivamente en el desenlace de los pacientes. Aunque este ensayo clínico fue aleatorizado, la edad fue un factor que creó confusión en los resultados. Entre el inicio del reclutamiento y la publicación final en la revista, sólo pasaron 34 días: un claro ejemplo de la premura por tener resultados emergentes.

Por otro lado, el 22 de mayo se publicó el estudio de Mandeep Mehra y colaboradores del Hospital Brigham and Women's, de la Universidad de Harvard, quienes se basaron en los datos y análisis de una compañía establecida en Chicago, de nombre Surgisphere, que reclutó datos multicéntricos y multinacionales de 96 000 enfermos, en diversos grupos, tratados con antipalúdicos para la atención de neumonía grave por COVID-19. La conclusión de este documento publicado en *The Lancet* fue que no se observó beneficio por el empleo de cloroquina o hidroxicloroquina; por el contrario, se asoció a una disminución en la supervivencia hospitalaria y una mayor frecuencia de arritmias ventriculares. Este grupo de investigadores simultáneamente publicó en el *New England Journal of Medicine* un análisis derivado de datos proporcionados por la misma compañía, intitulado "Enfermedad cardiovascular, terapia farmacológica y mortalidad en COVID-19", esencialmente con los mismos enfermos que recibieron antipalúdicos, pero enfocado en la combinación de inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina y bloqueadores del receptor de angiotensina. Ante la presión de diversos grupos para tener acceso al análisis transparente de los datos y la negativa de la compañía Surgisphere de proporcionarlos, el 4 de junio los propios autores se retractaron de sus resultados publicados tanto en *The Lancet* como en el *New England Journal of Medicine*, respectivamente, dos de las revistas científicas de mayor impacto en el mundo. Argumentaron que no podían garantizar y confiar en el procesamiento de sus bases de datos y, por lo tanto, en la veracidad de sus publicaciones. Mehra y colaboradores remataron la carta así: "Nos disculpamos ampliamente

con usted, los editores y los lectores por cualquier vergonzoso inconveniente que esto pudiera haber causado".

El ejemplo anterior resalta la enorme responsabilidad de generar conocimiento de alta calidad, ante la eventual situación de que un sujeto de estudio dado cumpla con los criterios de inclusión para más de una terapia experimental. Conviene destacar que, en nuestro caso, cada protocolo registrado en el Instituto ha sido analizado y autorizado por los comités de ética e investigación y, como en cualquier otro centro, estos protocolos tienen la necesidad de reclutar, a la brevedad posible, el número calculado de sujetos de estudio, lo cual permite el análisis de los datos y resultados, la eventual respuesta a la pregunta de investigación para el cumplimiento del objetivo principal del estudio, la consumación del documento científico y la generación de nuevas hipótesis.

Así, en el Instituto, aquel enfermo que cumple con los criterios de inclusión para más de un protocolo de estudio, después de ser informado, puede, por decisión propia y preferencia individual, elegir en cuál protocolo de estudio participar. También puede aceptar participar en algún estudio pero sin saber cuál, situación natural al estar solo, enfermo y no tener conocimientos profesionales sobre la nueva enfermedad, las características de los tratamientos o los diseños metodológicos de los estudios clínicos. Si es el caso, se hace un proceso de selección mediante un programa de números aleatorios para balancear las asignaciones. Por supuesto, el enfermo está en la entera libertad de no aceptar participar en ninguna investigación o puede retirar su consentimiento en cualquier momento, y entonces recibirá exclusivamente el tratamiento empírico, como todos, enrolados o no: oxígeno, anticoagulación, etcétera.

Con lo anterior, se cumple con los principios éticos fundamentales. Al proveer toda la información disponible, se privilegia el principio de respeto por el enfermo, quien puede decidir sobre su tratamiento mediante el principio de autonomía. Sin excepción, todas las opciones tienen como objetivo la recuperación y eventual curación del paciente; ninguna busca causar daño. De esta manera se da cumplimiento al principio de búsqueda del beneficio. Por último, cada paciente tiene la misma oportunidad de recibir una intervención experimental, sin costo alguno, de manera equitativa, sobre la que, nuevamente, puede decidir: elegir en qué protocolo enrolarse, consentir y retirar el consentimiento, siempre recibiendo el tratamiento empírico, bajo el albedrío del individuo: principio de justicia.

Conclusiones

La pandemia por COVID-19 ha cambiado en el mundo las reglas de convivencia social y ha evidenciado la vulnerabilidad de los sistemas de salud en muchos países del orbe, sin importar sus características de acceso a la salud, indicadores de riqueza y promedio de educación de los diferentes estratos sociales. La capital financiera del mundo, Nueva York, ha sido el ejemplo prototípico de la indefensión de la comunidad ante este embate biológico.

En un Instituto como el nuestro, líder en la formación de recursos humanos en el ámbito de la salud, los programas se han visto afectados y modificados por la metamorfosis requerida para asistir a la población. Lo mismo ha sucedido con la atención médica de los padecimientos que demandan un alto nivel de especialización: hoy ha sido relevada por la exclusiva atención a la neumonía por COVID-19. Un asunto de relevancia adicional es el relacionado con los aspectos éticos, teóricos, científicos, por experiencia, observación, verosimilitud y plausibilidad biológica, que se entremezclan para definir los protocolos de tratamiento ante un virus que, indiscutiblemente, al momento, no tiene un tratamiento curativo.

En resumen, el Instituto ha respondido a las necesidades de la sociedad siguiendo el principio de primacía

por el bienestar del enfermo y el principio de justicia social con diligencia, compromiso, resiliencia y empatía. Esa es la naturaleza de las profesiones de la salud: el servicio, la asistencia, la compasión y el bien común.

Rodolfo Rincón Pedrero

Departamento de Nefrología y Metabolismo Mineral, y Departamento de Educación Médica, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.

rodolfo.rinconp@incmnsz.mx

Sergio Iván Valdés Ferrer

Departamento de Neurología y Psiquiatría, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.

sergio.valdesf@incmnsz.mx

Gerardo Gamba

Departamento de Nefrología y Metabolismo Mineral, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán; Unidad de Fisiología Molecular, Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

gamba@iibiomedicas.unam.mx

Lecturas recomendadas

FDA (2020), "Coronavirus (COVID-19) update: daily roundup june 15, 2020", *U.S. Food and Drug Administration*. Disponible en: <<https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/coronavirus-covid-19-update-daily-roundup-june-15-2020>>, consultado el 17 de junio de 2020.

Magagnoli, J. *et al.* (2020), "Outcomes of hydroxychloroquine usage in United States veterans hospitalized with Covid-19", *medRxiv*. Disponible en: <<https://doi.org/10.1101/2020.04.16.20065920>>, consultado el 23 de abril de 2020.

Mehra, M. R. *et al.* (2020a), "Cardiovascular disease, drug therapy, and mortality in Covid-19". *New England Journal of Medicine*, 382:e102. Disponible en: <doi.org/10.1056/NEJMoa2007621>, consultado el 1 de mayo de 2020.

Mehra, M. R. *et al.* (2020b), "Hydroxychloroquine or chloroquine with or without a macrolide for treatment of COVID-19: a multinational registry analysis", *The Lancet*. Disponible en: <[doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31180-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31180-6)>, consultado el 22 de mayo de 2020.

Mehra, M. R. *et al.* (2020c), "Retraction: Cardiovascular disease, drug therapy, and mortality in Covid-19", *New England Journal of Medicine*, 382:2582. Disponible en: <doi.org/10.1056/NEJMc2021225>, consultado el 4 de junio de 2020.

Mehra, M. R. *et al.* (2020d), "Retraction: Hydroxychloroquine or chloroquine with or without a macrolide for treatment of COVID-19: a multinational registry analysis", *The Lancet*. Disponible en: <[doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31324-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31324-6)>, consultado el 4 de junio de 2020.

Paquette, M. (2019), "Ethical issues in competing clinical trials", *Contemporary Clinical Trials Communications*, 14:100352.

Secretaría de Salud (2020), "Lineamientos de reconversión hospitalaria". Disponible en: <<https://coronavirus.gob.mx/wp-content/uploads/2020/04/Documentos-Lineamientos-Reconversion-Hospitalaria.pdf>>, consultado el 05 de abril de 2020.

Silva-Borba, M. G. *et al.* (2020), "Effect of high vs low doses of chloroquine diphosphate as adjunctive therapy for patients hospitalized with severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) infection. A randomized clinical trial", *JAMA Network Open*, 3(4.23):e208857. Disponible en: <[doi:10.1001/jamanetworkopen.2020.8857](https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.8857)>, consultado el 24 de abril de 2020.

WHO (2020), "Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)". Disponible en: <[https://www.who.int/publications/i/item/report-of-the-who-china-joint-mission-on-coronavirus-disease-2019-\(covid-19\)](https://www.who.int/publications/i/item/report-of-the-who-china-joint-mission-on-coronavirus-disease-2019-(covid-19))>, consultado el 14 de junio de 2020.

Leticia Merino, Karla Valverde Viesca y Alicia Ziccardi



Las **desigualdades sociales** de la Ciudad de México ante la pandemia del COVID-19

Las desigualdades que existen en las condiciones de vida de los habitantes de la Ciudad de México colocan a los grupos populares en situaciones de mayor riesgo para enfrentar el distanciamiento social. A la precariedad de sus viviendas, las dificultades de acceso al agua, la necesidad de realizar actividades remuneradas y de movilizarse en transportes públicos masivos, se suma el debilitamiento de la cohesión social como recurso colectivo para enfrentar los fuertes efectos generados por esta crisis sanitaria.



Introducción

En el marco de las políticas económicas neoliberales que se impusieron en México, durante las tres últimas décadas, se produjo una disminución del gasto público, la privatización de los bienes y servicios, el crecimiento de la pobreza y la ampliación de las desigualdades socioeconómicas, territoriales y ambientales. En la sociedad mexicana se han acrecentado las distancias económicas y sociales como producto de una extrema concentración de la riqueza, mientras la mayoría de los sectores populares viven en condiciones precarias sin poder hacer efectivos los derechos básicos, como la salud, la alimentación, la educación, la vivienda, el agua y un ambiente sano.

En este contexto, la pandemia derivada de la dispersión global del virus SARS-CoV-2 (y la enfermedad COVID-19) coloca al país, y en particular a su ciudad capital, en una muy difícil situación sanitaria, económica y social. El 2 de junio de 2020, dos días después de concluir la Jornada Nacional de Sana Distancia, la Ciudad de México registraba 26 509 casos confirmados de personas infectadas, que representaban 27.5% del total nacional, con un constante incremento de las tasas de contagio y de pérdida de vidas humanas. Pocos días después, el 8 de junio, 12 de las 16 alcaldías se encontraban entre los 35 municipios con mayores tasas de mortalidad del país, los cuales concentraban casi la mitad (49.3%) de las muertes por COVID-19 (Facultad de Medicina, UNAM, 2020).

Conviene entonces revisar algunas de las principales características de la Ciudad de México que pueden contribuir a explicar por qué se concentra en este pequeño territorio un elevado número de casos de contagios y de pérdida de vidas humanas. En este sentido, la ciudad capital forma parte de una de las megalópolis del mundo y es la zona metropolitana más grande del sistema urbano nacional. Según datos de 2015 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi), la ciudad alberga a 8 918 653 habitantes y constituye el principal espacio económico del país, donde se produce 17.5% del PIB. Además, es el centro de la vida política nacional y el principal escenario para las actividades educativas y culturales.

Desde hace varias décadas, la ciudad experimenta un intenso proceso de desindustrialización y terciarización de la economía, caracterizado por un fuerte crecimiento del sector de servicios avanzados, en el que se inserta la mano de obra con mayor nivel educativo y que percibe

altos salarios. En contrapartida, se han expandido las actividades propias de la economía informal, en particular el comercio popular de la calle, como una de las principales formas de ocupación de los sectores populares. Asimismo, se produjo un proceso de flexibilización del trabajo asalariado que implicó la pérdida de derechos para las y los trabajadores: a la seguridad social, el acceso a la salud y a una vivienda digna, lo cual coloca a estas personas en condiciones de gran vulnerabilidad frente a los diferentes hechos naturales y sociales —como sismos, inundaciones o una crisis sanitaria— que han afectado y transformado profundamente la vida de la ciudad.

Una de las principales consecuencias de estos grandes cambios económicos que se registran en la Ciudad de México son los elevados niveles de pobreza y las amplias desigualdades socioeconómicas, a las que se suman fuertes inequidades urbanas en el acceso y la calidad de los bienes y servicios de la ciudad, tales como vivienda, agua, transporte y espacios públicos. Según datos del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval), en 2018 el **índice de Gini** de la Ciudad de México era de 0.532, mientras que a nivel nacional era 0.469; es decir, la desigualdad de ingresos en la capital de la República era más elevada que en el resto del país en su conjunto.

En este contexto, cabe analizar las condiciones de vida desiguales que colocan a los grupos populares de la Ciudad de México en una situación de mayor riesgo frente a la actual pandemia. La necesidad de continuar realizando actividades remuneradas y de movilizarse en masivos transportes públicos, las precarias condiciones de habitabilidad, el hacinamiento y las dificultades para acceder a los servicios básicos, en particular al agua potable, colocan a los sectores populares en situaciones de gran dificultad para enfrentar el distanciamiento social impuesto como medida para frenar la transmisión del COVID-19. Al mismo tiempo, esta crisis sanitaria se produce en medio de un debilitamiento de la cohesión social como un importante recurso colectivo para enfrentar los fuertes efectos económicos y sociales que se generan.

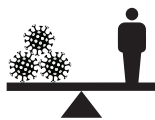
Para realizar el análisis, en este trabajo se retomaron los resultados obtenidos de dos cuestionarios aplicados en línea y con la **técnica bola de nieve**, así como de la consulta de fuentes estadísticas y documentales. Uno de los cuestionarios es “Condiciones de habitabilidad de las viviendas y el entorno urbano ante el aislamiento

Índice de Gini

Creado por el estadista italiano Corrado Gini, es un índice que mide la desigualdad de ingresos por medio de un número que varía de 0 a 1; 0 se corresponde con una perfecta igualdad, en la que todos tendrían el mismo ingreso, y 1 es la perfecta desigualdad, una persona que concentraría todos los ingresos.

Técnica bola de nieve

Muestreo no probabilístico en el que los individuos identificados para ser entrevistados invitan en cadena a otras personas conocidas a participar en la investigación.



impuesto por COVID-19”, diseñado por un grupo de académicas y académicos del Instituto de Investigaciones Sociales, la Facultad de Arquitectura, el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias y el Programa Universitario de Estudios del Desarrollo, dependencias éstas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el cual obtuvo 3 238 respuestas de personas mayores de edad que viven en la Ciudad de México, entre el 25 de abril y el 31 de junio, fecha en que terminó la Jornada Nacional de la Sana Distancia. El otro es el cuestionario “La desigualdad y los impactos del coronavirus en la sociedad mexicana”, elaborado por otro grupo de académicas y académicos del Instituto de Investigaciones Sociales, la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, el Instituto de Biología y el Seminario Universitario de Sociedad, Medio Ambiente e Instituciones, todos de la UNAM, el cual obtuvo 520 respuestas, entre el 20 de abril y el 11 de mayo de 2020.

El empleo y la movilidad como factores de vulnerabilidad

A la precariedad del mercado de trabajo, las condiciones de informalidad, los muy bajos sueldos, la ausencia de acceso a la seguridad social y, por ende, a los servicios de salud, en la coyuntura actual se suma la pérdida masiva de empleos y la reducción de salarios, lo que obliga a muchas personas a seguir desarrollando actividades económicas y arriesgando su vida para garantizar el sustento familiar.

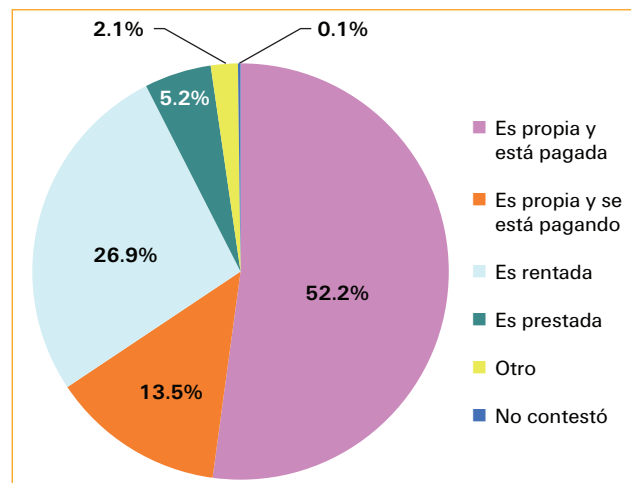
Según las respuestas obtenidas del cuestionario “Condiciones de habitabilidad de las viviendas y el entorno urbano ante el aislamiento social impuesto por COVID-19”, ante la pregunta ¿cuántos miembros de la familia trabajan?, 7 de cada 10 personas respondieron que 1 o 2 miembros tenían trabajo. Debe considerarse que ello implica que estas personas tienen que desplazarse varias horas en un transporte público masivo, desde su domicilio a su lugar de empleo, y aun cuando usen cubrebocas y se realicen importantes esfuerzos de desinfección, el riesgo de adquirir el virus en estas condiciones se incrementa, ya que es difícil guardar la llamada “sana distancia”.

Ante esta situación de vulnerabilidad económica y social, el gobierno nacional ha tomado algunas medidas relacionadas con adelantar el pago de las pensiones, otorgar becas u otros apoyos económicos. Asimismo,

el gobierno de la Ciudad de México y las alcaldías han accionado el seguro de desempleo y han implementado programas para garantizar el acceso a los alimentos básicos para los sectores de menores ingresos, como el caso de Mercomuna, que consiste en la entrega de vales para adquirir artículos de primera necesidad en las tiendas de abarrotes de los barrios populares.

Condiciones desiguales de habitabilidad de las viviendas

Las experiencias de vida de las familias y las personas durante el confinamiento impuesto por las recomendaciones de “quédate en casa” y “lávate las manos continuamente” están estrechamente relacionadas con las características del espacio en el que habitan y el acceso que tienen al agua a través de la red. Más de la tercera parte (35.2%) de las personas entrevistadas declaró vivir en una casa sola en una colonia consolidada o fraccionamiento; poco menos de la mitad (45.6%) vive en un departamento en un condominio o unidad habitacional; 15.6% vive en una casa en una colonia popular; 2.7% vive en una vecindad; mientras que 0.1% vive en un campamento en la calle. Asimismo, más de la mitad (52.2%) declara tener vivienda propia, a lo que se suma 13.5% que la está pagando; más de una cuarta parte (26.9%) habita viviendas rentadas; 5.2% está en viviendas prestadas, y 2.1% en otro tipo de tenencia (véase la Gráfica 1).



Gráfica 1. ¿La vivienda donde vive su familia es propia o rentada? (en porcentajes). Fuente: “Condiciones de habitabilidad de las viviendas y el entorno urbano ante el aislamiento impuesto por COVID-19”, IIS, FA, CRIM y PUED de la UNAM (2020).

Con relación a las condiciones de habitabilidad de las viviendas en la Ciudad de México, se advierte que son excelentes para las clases altas y de buena calidad para los grupos de ingresos medios, lo que les permite afrontar de mejor manera las dificultades que implica el confinamiento familiar en su vivienda. Sin embargo, las condiciones de vida de la gran mayoría son precarias, puesto que habitan en viviendas pequeñas, donde deben soportar condiciones de hacinamiento, dada la composición de las familias en relación con el tamaño de las viviendas y el número de cuartos. Así, existen condiciones de hacinamiento no sólo en las viviendas autoconstruidas localizadas en las colonias populares, sino también en un elevado número de pequeños departamentos en los que habita gran parte de las clases medias (Ziccardi, 2019).

Asimismo, en los fraccionamientos conformados por pequeñas viviendas de interés social financiadas por los organismos del sector público durante las dos últimas décadas, el cumplir con el aislamiento social resulta problemático, ya que en su mayoría están localizados en la periferia lejana, alejados de lugares de abasto de alimentos, sin opción de entrega de mercancías a domicilio y con poca o nula conectividad. Ante ello, en algunos fraccionamientos los vecinos se han organizado para garantizar el consumo local (Ziccardi, 2016).

Por otra parte, el desempleo, la disminución de ingresos y las condiciones de crisis económica provocados por la pandemia ponen límites a la capacidad de muchas familias de clase media y baja para pagar las rentas de las viviendas que ocupan. Ante esta dificultad son necesarias acciones gubernamentales como las que se han implementado en otros países de América Latina, para garantizar que ninguna persona se quede sin vivienda cuando justamente éste es el lugar de resguardo de las familias ante el COVID-19.

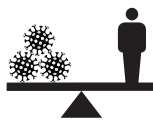
Otro efecto que genera la crisis sanitaria es la confrontación con las marcadas desigualdades de género que existen en el entorno familiar. Ante la pregunta sobre las tareas que se realizan actualmente en la vivienda, 8 de cada 10 personas afirmaron trabajar en línea desde su casa y 5 de cada 10 participar en el proceso educativo de la Secretaría de Educación Pública “Aprende en casa”, que consiste en actividades escolares que se realizan en línea o a través de la televisión. En este sentido, tratándose de niñas y niños pequeños, requieren el apoyo de un adulto, tarea que asumen principalmente



las mujeres y que se suma a las demás actividades que ellas realizan mayoritariamente (quehaceres domésticos, compra de alimentos, cuidado de niños, adultos mayores y enfermos).

Adicionalmente, trabajar y estudiar en el interior de una vivienda supone una redistribución del espacio original que puede ser difícil de compatibilizar cuando el lugar es pequeño, pues ambas actividades requieren concentración. Por otra parte, en muchas familias sólo se cuenta con una computadora que se comparte entre varios miembros, situación que obliga a privilegiar la realización de actividades económicas generadoras de ingresos. Pero al mismo tiempo es de suma importancia que las y los estudiantes cumplan con las tareas escolares, puesto que la brecha tecnológica amplifica las desigualdades educacionales y sociales, que de por sí son muy marcadas en la ciudad.

Lo cierto es que en esta difícil situación de distanciamiento social se produce un incremento del trabajo no remunerado de las mujeres, lo cual expone las grandes desigualdades de género que prevalecen entre las familias y en la sociedad mexicana. La mayoría de las personas entrevistadas afirmaron que son las mujeres quienes se ocupan del trabajo doméstico y casi una quinta parte ayuda a los menores en la realización de las tareas escolares. A ello se suma el apoyo que deben brindar a niñas y niños en las actividades de recreación, sobre todo a los más pequeños. De igual forma, 3 de cada 10 personas entrevistadas en la Ciudad de México respondieron que en sus familias las mujeres son las responsables de la compra de alimentos, y 4 de cada 10 afirmaron que se trata de una tarea compartida. La ampliación de actividades en el interior de las viviendas y la convivencia obliga-



da de todos los miembros de la familia impuesta por el “quédate en casa” pueden ser un detonador de tensiones familiares que incrementan la violencia intrafamiliar, la cual afecta principalmente a las mujeres y a las niñas y los niños.

La desigualdad en el acceso al agua

El abasto de agua de las alcaldías localizadas en la zona sur-poniente de la ciudad es varias veces mayor que en las ubicadas en el oriente. Según una revisión reciente (Rodríguez-Izquierdo y cols., 2020), las alcaldías con mayores problemas de acceso a agua potable y alcantarillado son Milpa Alta y Xochimilco. En éstas, 88% de los hogares reporta enfrentarse a la escasez de agua. Es de notar que gran parte de los territorios de estas alcaldías –100% en el caso de Milpa Alta y 82% en Xochimilco– se encuentran en la zona definida como suelo de conservación de la Ciudad de México,¹ en donde los asentamientos se consideran “irregulares” y no tienen la capacidad de acceder formalmente a la provisión de servicios de agua, alcantarillado y electricidad por parte del gobierno de la Ciudad. Resulta paradójico que las áreas forestales y los terrenos agrícolas ubicados en estas alcaldías prestan un “servicio ecológico” de captación de agua para la gran cuenca del Valle de México y de provisión del agua que consume la ciudad.

Otro “servicio ecosistémico” que proveen los campos de Milpa Alta y Xochimilco es el de alimentos, en muchos casos orgánicos. De manera relacionada, la prevalencia de COVID-19 en estas alcaldías durante el mes de mayo se ha asociado con el foco de contagio de la Central de Abastos de la Ciudad de México, espacio a donde asisten los productores para vender sus mercancías y donde lavarse las manos implica un pago. Se trata, además, de las poblaciones con menor acceso a servicios de salud en la ciudad: 46.8% en Milpa Alta y 41.5% en Xochimilco.

Por otra parte, al preguntar acerca de las condiciones de habitabilidad de las viviendas, más de 90% de los en-

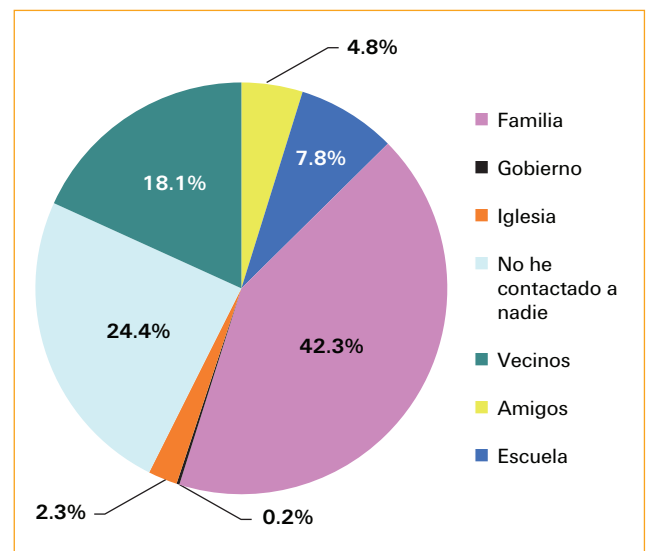
¹ El suelo de conservación de la Ciudad de México abarca 88 652 hectáreas, aproximadamente 60% del territorio de la ciudad. Las tierras dentro del suelo de conservación de las alcaldías Milpa Alta y Xochimilco representan 44% de esa área protegida. Si se agregan las 26 077 hectáreas correspondientes a Tlalpan –también con fuertes problemas de acceso al agua– representan 73.4% del suelo de conservación (Rodríguez-Izquierdo y cols., 2020).

trevistados respondieron que tenían agua conectada a la red. Pero al preguntar ¿cuántos días a la semana tienen agua en su vivienda?, 6 de cada 10 personas en Tláhuac y Milpa Alta dijeron que sólo recibían agua algunos días, y 3 de cada 10 en las alcaldías Iztapalapa, Xochimilco y Cuajimalpa afirmaron lo mismo.

Otro problema asociado a los pobladores de Milpa Alta y Xochimilco es el nivel de hacinamiento, el cual se presenta cuando habitan más de 2 personas por dormitorio, de acuerdo con la definición del Inegi. En esas alcaldías, esta situación afecta a 36% y 25% de las viviendas, respectivamente (Rodríguez-Izquierdo y cols., 2020).

Cohesión social y percepción de la pandemia

Una cuestión importante para enfrentar las situaciones de crisis que afectan principalmente a los sectores sociales más vulnerables son las relaciones y redes de cooperación. En el periodo de confinamiento, al preguntar ¿a quiénes recurrirían para pedir ayuda?, poco menos de la mitad (42.3%) respondió que acudiría a su familia, lo que expresa la importancia primordial de éstas como red de seguridad básica. Sin embargo, una cuarta parte (24.4%) señaló que no buscaría a nadie, 18.2% dijo que acudiría a los vecinos, 7.8% iría a la escuela, 4.8% pediría ayuda a alguna amistad y 2.3% solicitaría ayuda a la iglesia (véase la Gráfica 2).



Gráfica 2. ¿Con quién ha contactado para solicitar ayuda? (en porcentajes). Fuente: “La desigualdad y los impactos del coronavirus en la sociedad mexicana”, FCPS, IB y SUSMAI de la UNAM (2020).

Es decir, 2 de cada 10 de las personas entrevistadas dicen recurrir a redes sociales de apoyo y cooperación de amigos o vecinos de la ciudad. Además, muy pocas personas recurrirían a instituciones de gobierno, lo cual indica que frente a esta grave emergencia sanitaria sólo acuden al apoyo gubernamental las personas o familias que se encuentran en condiciones de extrema necesidad. En este sentido, y como se ha afirmado anteriormente, la desarticulación puede asociarse a la debilidad del capital social comunitario y de la cohesión social (Durston, 2003), por lo que ante los graves efectos que genera esta pandemia debieran promoverse diversas actividades de cocreación y coproducción para fortalecerlas (Valverde y Pacheco, 2020).



Consideraciones finales

En el contexto que prevalece para la mayoría de las familias mexicanas, que viven en la pobreza y se confrontan con grandes desigualdades socioeconómicas y territoriales, la intención de construir condiciones de resiliencia para enfrentar la grave crisis sanitaria, económica y social exige fortalecer las capacidades redistributivas del Estado. Para ello, deben diseñarse y aplicarse políticas fiscales claramente progresivas y se hace necesario trazar un camino distinto al reparto individualizado de recursos, en el que la sociedad no sea un mero receptor pasivo. Una de las propuestas que existen actualmente es crear un salario vital mínimo para generar

capacidades familiares y sociales que permitan mejorar las condiciones de vida de los sectores populares.

Pero también se requieren acciones público-comunitarias que enfrenten de manera decisiva las marcadas inequidades que existen en el acceso y la calidad de los bienes y servicios básicos: la alimentación, la educación, la vivienda, el agua y –hoy más que nunca– la salud. Generar estas capacidades implica considerar a estos bienes y servicios como bienes públicos que el Estado, a partir de una distribución más justa de los ingresos y la riqueza, debe proveer a los sectores más vulnerables de la población.

Leticia Merino

Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México.

merino@sociales.unam.mx

Karla Valverde Viesca

Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México.

viesca@unam.mx

Alicia Ziccardi

Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México.

ziccardi@unam.mx

Lecturas recomendadas

Durston, J. (2003), “Capital social: parte del problema, parte de la solución, su papel en la persistencia y en la superación de la pobreza en América Latina y el Caribe”, en R. Atria et al. (eds.), *Capital social y reducción de la pobreza en América Latina y el Caribe: en busca de un nuevo paradigma* (pp. 147-202), Santiago de Chile, CEPAL/Universidad del Estado de Michigan.

Facultad de Medicina, UNAM (2020), “35 municipios con mayor tasa de mortalidad por COVID-19 en México”, *Boletín sobre COVID-19. Salud Pública y Epidemiología*, 1(4):1.

Rodríguez-Izquierdo, E., S. Pérez-Jiménez, L. Merino-Pérez y M. Mazari-Hiriart (2020), “Spatial analysis of COVID-19 and inequalities in Mexico City”, *Insights of the CDP members on the COVID-19 crisis*, Department of Economic and Social Affairs Economic Analysis, United Nations. Disponible en: <<https://www.un.org/development/desa/dpad/2020/insights-by-cdp-members-on-the-covid-19-crisis/>>, consultado el 20 de julio de 2020.

Valverde, K. y D. Pacheco (2020), “Co-Creation processes: community social capital as a factor for advocacy. The case of the Neighborhood Improvement Program in Mexico City”, en C. Horvath y J. Carpenter (eds.), *Co-Creation in Theory and Practice: Exploring Creativity in the Global North and South*, Reino Unido, Universidad de Bristol (en prensa).

Ziccardi, A. (2016), “Poverty and urban inequality: the case of Mexico City metropolitan region”, *International Social Science Journal*, 65:205-219. Disponible en: <doi.org/10.1111/issj.12070>, consultado el 20 de julio de 2020.

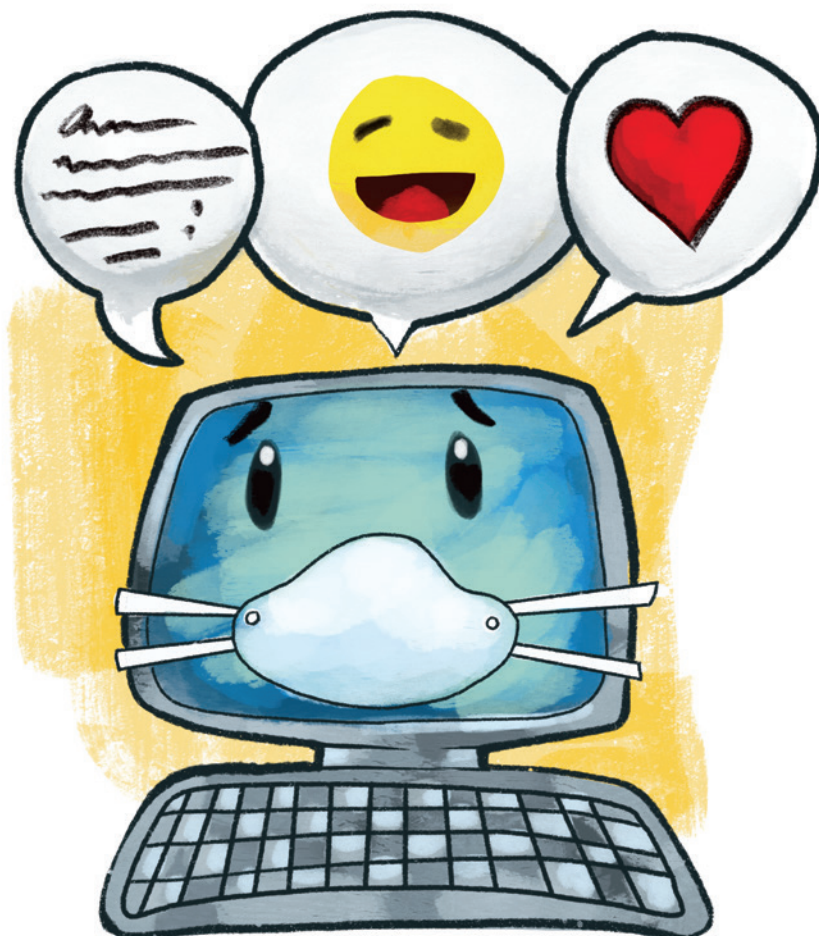
____ (2019), “¿Cómo hacer efectivo el derecho a la vivienda en la Ciudad de México? Un diagnóstico sobre las condiciones de habitabilidad de la vivienda”, en J. Flores (coord.), *Inventario de la Ciudad de México: Presente y futuro de su gente. Diez encuestas sobre la Ciudad de México* (tomo I, pp. 121-173), México, IJ, UNAM/Sectel, CDMX. Disponible en: <<https://inventariocdmx.juridicas.unam.mx/>>, consultado el 20 de julio de 2020.

Yvon Angulo, María Josefa Santos y Jesús M. Siqueiros



Las tecnologías de información y comunicación, herramientas para la cuarentena

A partir de las respuestas a un cuestionario sobre la vulnerabilidad ante la pandemia de COVID-19, se muestra la manera en que las tecnologías de información y comunicación (TIC) se han constituido en herramientas que permiten el manejo de la contingencia y la reducción de situaciones difíciles. Las TIC ayudan a conservar el empleo y, sobre todo, mantienen y refuerzan las relaciones sociales previas, que son fundamentales para enfrentar la crisis actual.



Introducción

En la última década, el desarrollo de las tecnologías de información y comunicación (TIC) y de la inteligencia artificial (IA) –incluidos el internet de las cosas, las redes de telecomunicaciones y de análisis de datos, entre otros– ha permitido asentar la base para que éstas se constituyan en herramientas auxiliares para el control y manejo de la actual pandemia de COVID-19. Esta situación se ha documentado en distintos países. Un ejemplo es el impulso de la **telesalud**. Hoy día varios centros de investigación (como el de Ciencia e Ingeniería de Sistemas de la Universidad Johns Hopkins) siguen la propagación del SARS-CoV-2 en tiempo casi real, mediante un panel de control centrado en el mapa del mundo (con el uso del *software* ArcGIS Online).

En este contexto, las TIC –en especial las herramientas conocidas como redes sociales (Facebook y WhatsApp)– ayudan a combatir, aunque con poco éxito, la **infodemia** que suele confundir a los usuarios. La difusión de información falsa tiene un efecto dañino para la salud pública: puede provocar un miedo irracional, incluso el pánico masivo y, por último, desestabilizar a la sociedad, cuando se requiere exactamente lo contrario.

En cuanto al manejo “inteligente” de la pandemia, quizá el caso más conocido sea el de China, que se ha valido de teléfonos celulares, drones y cámaras para obtener una serie de datos, los cuales son analizados y manipulados para registrar los movimientos de los individuos y actuar en consecuencia, con el objetivo de que se sigan las medidas de seguridad (como el uso de tapabocas), detectar a los posibles contagiados (medición de su temperatura), o simplemente para vigilar las salidas de la población (distanciamiento social). Por ejemplo, la administración gubernamental de Corea del Sur instauró un control estricto para sus habitantes, mediante un sistema de posicionamiento global (GPS) que informa a las autoridades cuando un paciente de COVID-19 viola su cuarentena.

En el mismo sentido, el 20 de mayo de 2020 Apple y Google lanzaron la primera versión de un sistema de notificación de contacto, pensado para posibilitar el desarrollo de aplicaciones enfocadas a detener o disminuir el contagio del coronavirus entre la población. Esta interfaz de programación de aplicaciones (API) está pensada para alertar a los usuarios de la presencia en sus alrededores de alguien con diagnóstico de COVID-19. El sistema guarda la información de manera descentralizada y la almacena en cada teléfono; es decir, no hay una

base de datos que esté en manos de las autoridades ni tampoco de Apple o Google. De hecho, varios gobiernos han mostrado su interés en la API para tomar medidas encaminadas a contener la cadena de transmisión. Lo anterior permitirá avanzar hacia cuarentenas administradas que contemplen el aumento de la circulación de las personas, pero vayan minimizando las posibilidades de contagio (Daskal y Perrault, 2020; Jaimovich, 2020).

Además del control y manejo de la pandemia, las TIC han ayudado a la población para enfrentar la vulnerabilidad propiciada por la situación de emergencia sanitaria, en tanto que las tecnologías se pueden constituir en una herramienta que permita paliar algunos de sus efectos. Sin embargo, para que ello ocurra, los usuarios deben tener acceso a dispositivos electrónicos y conexión a internet en su casa, pues los lugares públicos no son una opción durante el confinamiento; además, deben contar con las habilidades adecuadas no sólo para usar la tecnología, sino también para adaptarla eventualmente a las necesidades específicas.

Para mostrar la forma en que las TIC contribuyen a mitigar los efectos de la crisis actual para la población de México, en este trabajo queremos destacar dos tipos de experiencia de uso de estas tecnologías, a partir del diseño, aplicación y análisis de un cuestionario sobre la vulnerabilidad ante la pandemia de COVID-19, desarrollado por un equipo de colaboradores del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS), el Instituto de Investigaciones Sociales (IIS) y el Centro de Estudios Mexicanos (CEM) de Costa Rica, todos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Primero relatamos brevemente la manera en que las TIC ayudaron en el diseño, aplicación, manejo y análisis del cuestionario; para ello resaltamos su papel en la integración del equipo de trabajo, la aplicación de la encuesta y la presentación de los primeros resultados. En este apartado también describimos algunos datos generales del perfil de quienes respondieron. En la segunda parte, mostramos los resultados a partir de las respuestas de los participantes en cuanto al uso de las TIC como herramientas para enfrentar la vulnerabilidad social y económica durante la actual pandemia.



El uso de las TIC en la coordinación del equipo y la gestión del cuestionario

Las TIC han sido vitales para el funcionamiento de este proyecto. Aquí nos centraremos en su uso para el trabajo

Telemedicina

Incorporación de las TIC en los sistemas de salud, incluidos los servicios médicos, académicos, administrativos y técnicos, con el propósito de intercambiar información en este ámbito (Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud).

Infodemia

Sobreabundancia de información falsa y su rápida propagación entre las personas y los medios; práctica que consiste en difundir noticias falsas o maliciosas y que aumenta el pánico o la angustia en las sociedades (Organización Mundial de la Salud).



del cuestionario. El equipo ha funcionado por medio de un grupo de WhatsApp que conecta a tres colectivos: los investigadores del IIMAS en Mérida, quienes hacen el análisis de datos; el director del CEM en Costa Rica, donde se generan los mapas; así como las investigadoras del IIS en Ciudad de México, para los análisis sociodemográficos y la obtención de datos y ponderaciones que los otros dos grupos mapean. Además, el responsable del equipo suele organizar reuniones por videoconferencia mediante el programa Jitsi Meet.

En cuanto a la aplicación del cuestionario, montamos las preguntas en la plataforma Formularios de Google. El principal medio por el que lo distribuimos fue a partir de los contactos de WhatsApp de cada uno de los integrantes del grupo, quienes contestaban y, a su vez, compartían con otros contactos. En un segundo momento enviamos el cuestionario por correo electrónico y lo difundimos vía Facebook.

La primera etapa dio inicio el 18 de abril; para el 2 de mayo –momento en que hicimos el corte– había 52 996 cuestionarios respondidos, de los cuales 52 310 fueron válidos. Los participantes se ubicaron en todos los estados de la República, aunque Ciudad de México fue la entidad donde hubo más encuestados (24 978) y Colima tuvo el menor número (161). Atribuimos esta masiva respuesta a dos circunstancias: la primera, el uso de redes de confianza para la distribución del cuestionario y, la segunda, que los participantes sentían que al responder estaban contribuyendo en algo para tener información acerca de la pandemia.

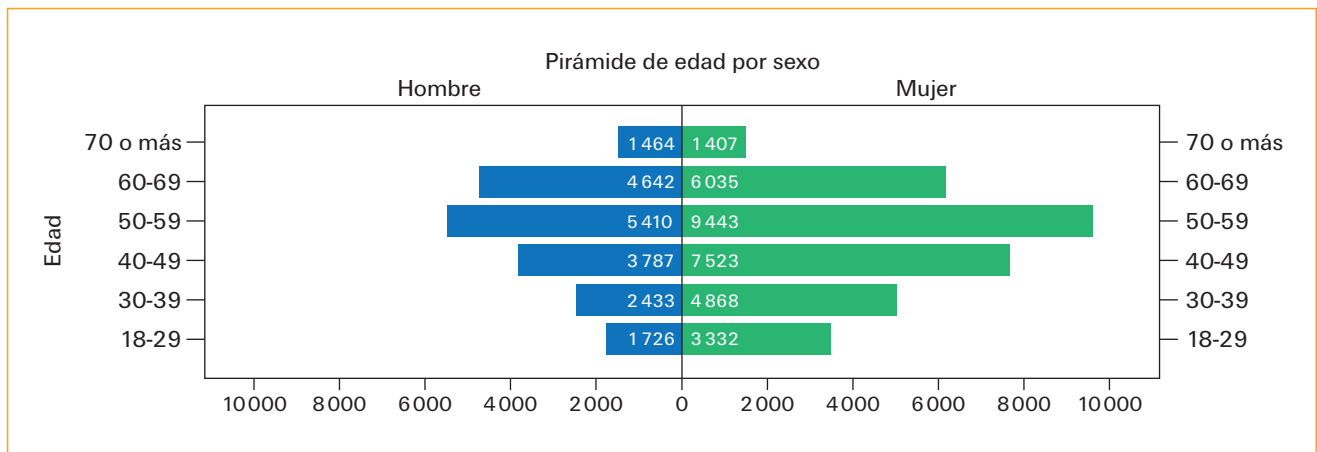
Las TIC también nos ayudaron a difundir los resultados de la investigación. Al principio, diseñamos mapas

interactivos que mostraban los distintos tipos de vulnerabilidades registrados en el cuestionario; el primero de ellos, respecto a las comorbilidades. WhatsApp y otras redes sociales han sido el medio para compartir los datos obtenidos. Por último, presentamos los primeros resultados del trabajo por videoconferencia (combinando el uso de Zoom, la transmisión por YouTube y el correo electrónico para recibir preguntas), con lo cual registramos un alto nivel de audiencia.

La mayoría de quienes respondieron el cuestionario fueron mujeres (62.6%). Poco más de la mitad de los participantes tiene entre 40 y 60 años de edad; 20.5%, de 60 a 69 años, y solo 9.7% tiene entre 18 y 29 años. La distribución por edad y sexo puede verse en la Gráfica 1.

El medio por el que enviamos el cuestionario y las redes de quienes lo diseñamos nos llevaron a tener una respuesta masiva de participantes de nivel socioeconómico medio y medio alto, lo que se refleja en la escolaridad: 54% tiene licenciatura, 27.3% maestría o doctorado, 10% preparatoria, 6.1% es técnico, 2.1% cuenta con secundaria terminada o incompleta, y 0.3% con primaria. Sólo 16 personas contestaron no haber ido a la escuela.

Dos datos más que dan cuenta del perfil de los encuestados son el tipo de vivienda y la capacidad de ahorro. En su casa, la mayoría tiene al menos tres espacios adicionales a la cocina y el baño: 28.4% cuenta con tres, 22% con cuatro y 12.4% con cinco habitaciones o más; mientras que 2.4% tiene una habitación y 14.7% tiene dos. En cuanto a la capacidad para enfrentar las consecuencias económicas de la cuarentena, en el cuestionario planteamos una pregunta para indagar sobre la percepción respecto al tiempo que alcanzarían los ahorros



Gráfica 1. Distribución por edad y sexo de los encuestados (n = 52 070). Fuente: Cuestionario COVID-19, IIMAS-IIS-UNAM.

de los entrevistados, en caso de tener que echar mano de ellos a partir de la emergencia sanitaria. En este sentido, encontramos que casi 28% tiene ahorros para sobrellevar un mes sin percibir ingresos; 21.5% podría estar tres meses sin ingresos; 11.2% respondió que seis meses, y 10.1% tiene ahorros para un año o más. Casi una tercera parte de los encuestados percibe como limitada su posibilidad de enfrentar alguna situación de emergencia por un periodo largo: 19.1% podría estar entre una y dos semanas con sus ahorros, y 10.1% no cuenta con ahorros.

Las TIC, herramientas para enfrentar la vulnerabilidad

Como señalamos arriba, el propósito del cuestionario es documentar hasta dónde la emergencia sanitaria (la cuarentena y el eventual contagio de COVID-19) coloca a las personas, y a las **unidades domésticas** donde están confinadas, en diferentes umbrales de vulnerabilidad. Para este trabajo partimos de la idea de que, en México y en otros lugares del mundo, las TIC se han constituido en herramientas que ayudan a satisfacer distintas necesidades de la población. Algunas de ellas se colocan en el plano de las capacidades económicas, como la posibilidad de continuar trabajando desde casa (*home office*), abastecerse de comida y medicamentos, poder estudiar, así como tener un medio de dispersión y de actividades lúdicas. Por otro lado, las TIC también permiten mantener los vínculos sociales, que son indispensables para enfrentar las situaciones de crisis.

Si bien el cuestionario no tenía como propósito documentar el uso de las TIC durante la cuarentena, sí indagamos al respecto para conocer de qué manera servirán, eventualmente, para mitigar la situación de vulnerabilidad a la que se ven sometidos los participantes. En este sentido, construimos un mapa de recursos tecnológicos considerando distintos puntos (véase la Figura 1).

Debido a que los encuestados respondieron por internet, asumimos que cuentan con los recursos técnicos necesarios. Primero, tienen algún dispositivo (teléfono inteligente o computadora) y, en segundo lugar, conexión a internet, ya sea por un módem, datos móviles, o bien por puntos de acceso a la red en lugares públicos. A partir de las posibilidades de acceso, construimos una variable de redundancia que muestra que casi 45% de los participantes tienen acceso a datos móviles y, además, cuentan con un módem en su casa; mientras que 52.5% de los encuestados sólo tienen una forma de conexión (mayoritariamente módem). Quienes tenían más acceso redundante eran los hombres: casi 50% de ellos (y las mujeres en 41% de los casos) tenían dos medios de acceso. Por otro lado, el grupo de edad con mayor redundancia fue el de los participantes de entre 30 y 39 años, con dos medios de acceso en casi 52% de los casos; seguido por el de los jóvenes de 18 a 29, en el que la mitad del grupo contaba con dos medios de conexión. Cabe destacar que sólo 2 008 participantes respondieron que se conectan en lugares públicos.

Siguiendo con el esquema planteado arriba, analizamos conjuntamente el acceso redundante y la posibilidad de seguir trabajando desde casa. Encontramos que, de quienes continúan trabajando en casa, 47.6% tiene un módem y datos en su teléfono; mientras que entre los que no conservaron su trabajo, 37.2% cuenta con dos recursos de conexión. El dato anterior contrasta con quienes sólo tienen un medio de acceso a internet; de estos participantes, 59.5% no trabaja desde casa.

En cuanto al abastecimiento, del 26% de los participantes que usa el servicio a domicilio como forma de adquirir alimentos y medicinas, quienes cuentan con acceso redundante tienen mayor posibilidad de pedir sus productos a casa, por lo que se exponen menos al contagio. Es decir, se puede apreciar que a un mayor

Unidades domésticas

Para propósitos del trabajo, las caracterizamos como el lugar de residencia, donde se comparten ingresos y egresos económicos, vínculos familiares y sociales, y eventualmente el riesgo de contagio.

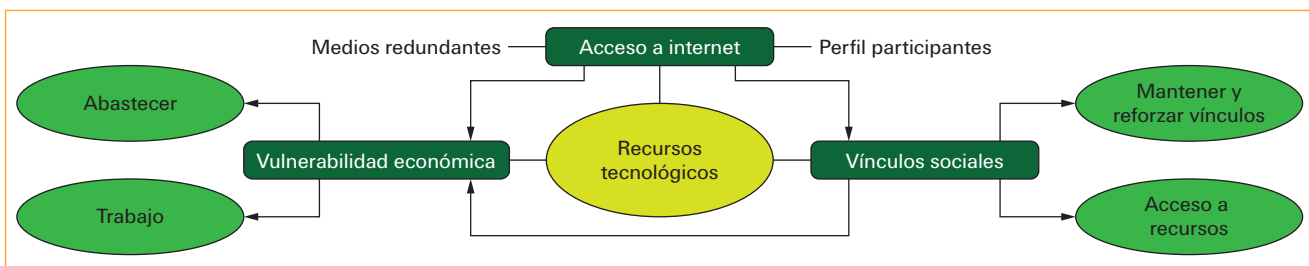


Figura 1. Recursos tecnológicos frente a la vulnerabilidad. Elaboración: María Josefa Santos.



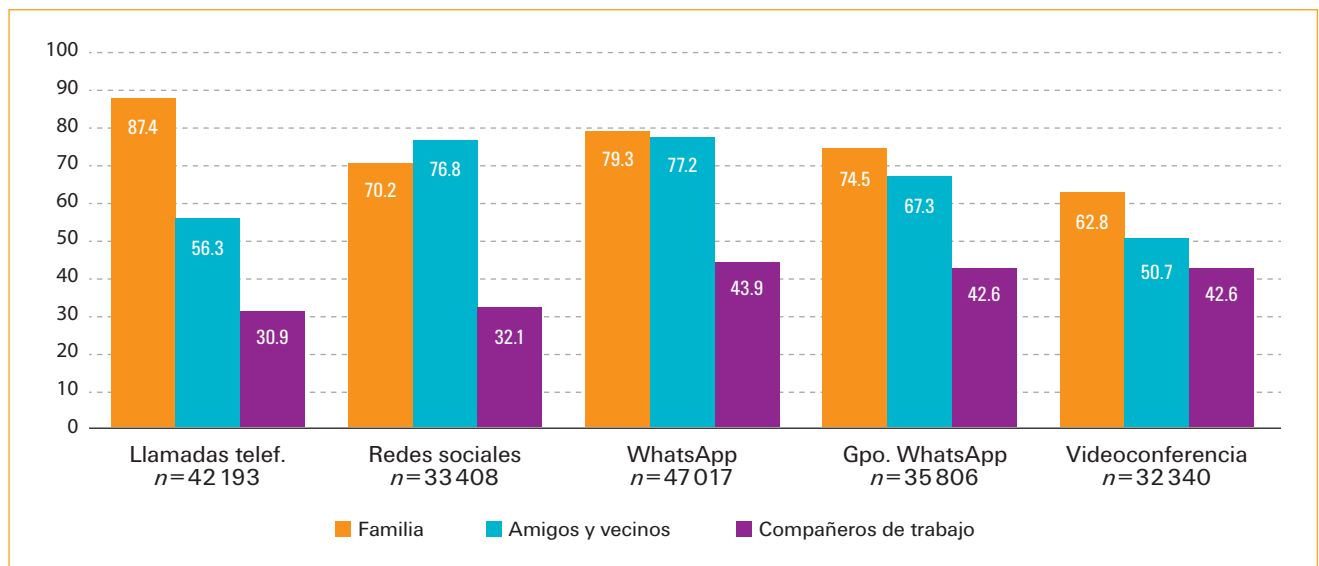
número de posibilidades de conexión incrementa la capacidad de solicitar servicio a domicilio y disminuyen los motivos para tener que salir de casa, lo que también puede estar relacionado con un mayor ingreso económico de los encuestados.

Quizá el mayor impacto del uso de las TIC durante la pandemia sea para ayudar a mantener los vínculos sociales. El poder contar con un medio para estar en contacto con amigos, vecinos, compañeros de trabajo y familiares ha sido muy importante. En este sentido, se encontró que el uso de las TIC es vital para conservar las relaciones sociales, que son relevantes para los participantes de acuerdo con el grupo de edad al que pertenecen. Así, para los adultos mayores de 40 años el uso de las TIC es importante para estar cerca de la familia; casi 76% de los mayores de 70 años usan las tecnologías, como las redes sociales, para mantener contacto con ésta; mientras que 87% de los más jóvenes se comunican por este medio con los amigos.

Esto ocurre también con la videoconferencia, una herramienta que ha sido muy útil entre los que están en edad laboral para seguir en contacto con los compañeros de trabajo: en el grupo de 30 a 39 años, la han empleado 55.9% de los encuestados; de 40 a 49 años, 49.9% de los participantes; entre 50 y 59 años, en 41.3% de los casos. Esta herramienta –que requiere de una buena conexión a internet– ha sido muy importante para paliar la vulnerabilidad económica, en la medida en que permite conservar el empleo y seguir trabajando desde casa.

En general, y como se ve en la Gráfica 2, el medio por el que los participantes mantienen diferentes vínculos sociales varía dependiendo del grupo de convivencia con el que se comuniquen; con el que más contacto se tiene es la familia por casi todos los medios.

Por otro lado, como medios fuertes y redundantes en cuanto a la difusión de contenidos –la misma información puede fluir por distintos medios digitales–, las redes sociales también desempeñan un papel central en una crisis como la actual, debido a que son agentes de difusión de comportamientos que abonan al buen manejo de la situación (por ejemplo, difunden el lavado de manos o uso del cubrebocas), o bien propician comportamientos poco adecuados (como salir de casa o propagar teorías de conspiración). Investigaciones como las de Jay J. Van Bavel y sus colaboradores (2020) sugieren que varios de los comportamientos de la población derivan del filtrado de los marcos de referencia que se comparten en las redes sociales, más que de las indicaciones y acciones directas de las autoridades. En este sentido, las redes sociales modelan las normas de comportamiento y generan marcos referenciales que guían las acciones de las personas. Es por eso que una estrategia para generar resiliencia ante la vulnerabilidad a causa del confinamiento es contar con redes fuertes, que ayuden a encontrar el camino que se debe seguir en una situación tan anómala e inesperada. Así pues, las TIC son herramientas que contribuyen a mantenernos cerca de nuestros grupos



Gráfica 2. Medios empleados para mantener los vínculos sociales. Fuente: Cuestionario COVID-19, IIMAS-IIS-UNAM.

de confianza. Además, habría que considerar el posible efecto positivo, o por lo menos la reducción de efectos negativos, que puede generar el confinamiento en la psicología de las personas (Stafford, 2020), aunque es un tema que sale de los alcances del cuestionario.

Por otro lado, las TIC también permiten acceder a la información acerca de la pandemia. Al respecto, encontramos que 79.8% de los hombres y 75.8% de las mujeres que contestaron el cuestionario reciben información sobre el COVID-19 por medios digitales. En cuanto a los grupos de edad, como se muestra en la Gráfica 3, los jóvenes son los que más recurren a estos medios y a las redes sociales para informarse sobre la pandemia; la diferencia entre este grupo y los mayores de 70 años es de casi 20%. Lo inverso sucede con la información del periódico, pues los jóvenes son quienes menos consultan este medio de información (14.7%); en cambio, para una tercera parte de los mayores de 70 años el periódico sigue siendo una fuente de información a la cual acuden. De cualquier forma, en todos los grupos de edad son los medios digitales y las redes sociales las herramientas más mencionadas para informarse acerca de la pandemia; las TIC superan al periódico, la radio y la televisión abierta, aunque esta última es la más usada como medio de información entre los mayores de 70 años. Empero, el uso de redes sociales como medio de información puede ser un arma de dos filos. Muchas veces lo que se difunde, al no contar con los filtros de los medios tradicionales, puede

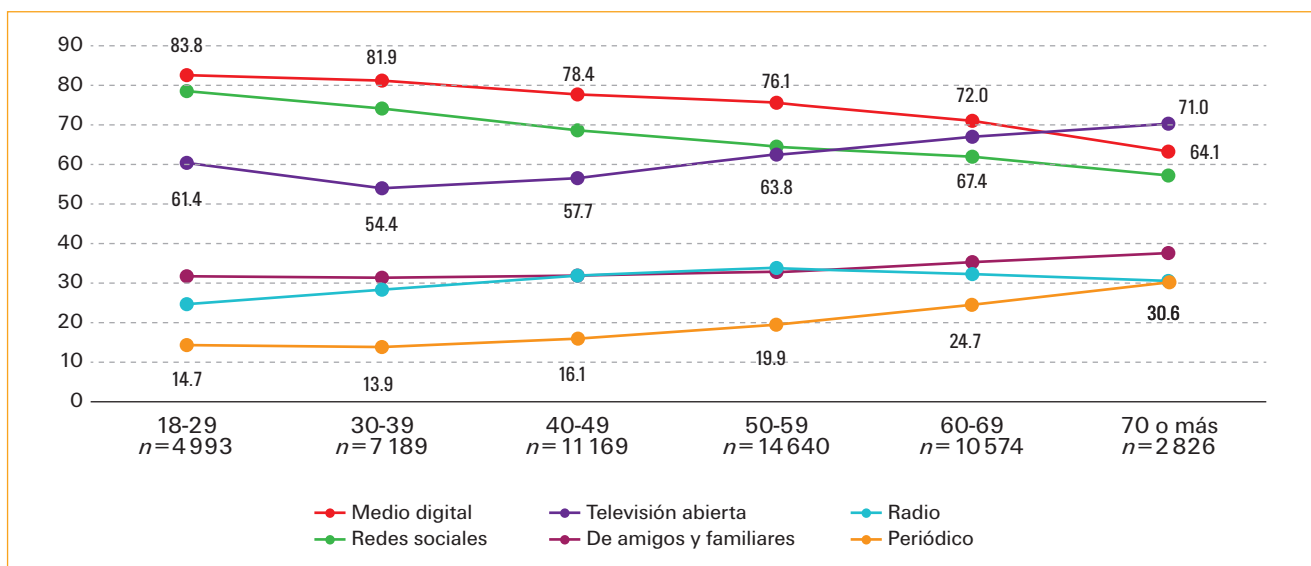
ser falso o exagerado y contribuir a generar una epidemia de información, que no ayuda en nada al estado de ánimo de las personas.

Durante la cuarentena, las TIC son también un medio para adquirir nuevos conocimientos y entretenerse. En todos los grupos de edad los participantes reportaron –aunque en distinto porcentaje– que han tomado cursos en línea; en esto sobresale el grupo de 18 a 29 años, pues respondieron en este sentido 41.7% de los encuestados de este grupo. En cambio, el que menos cursos ha tomado es el de las personas mayores de 70 años, que lo mencionan sólo en 18.4% de los casos.

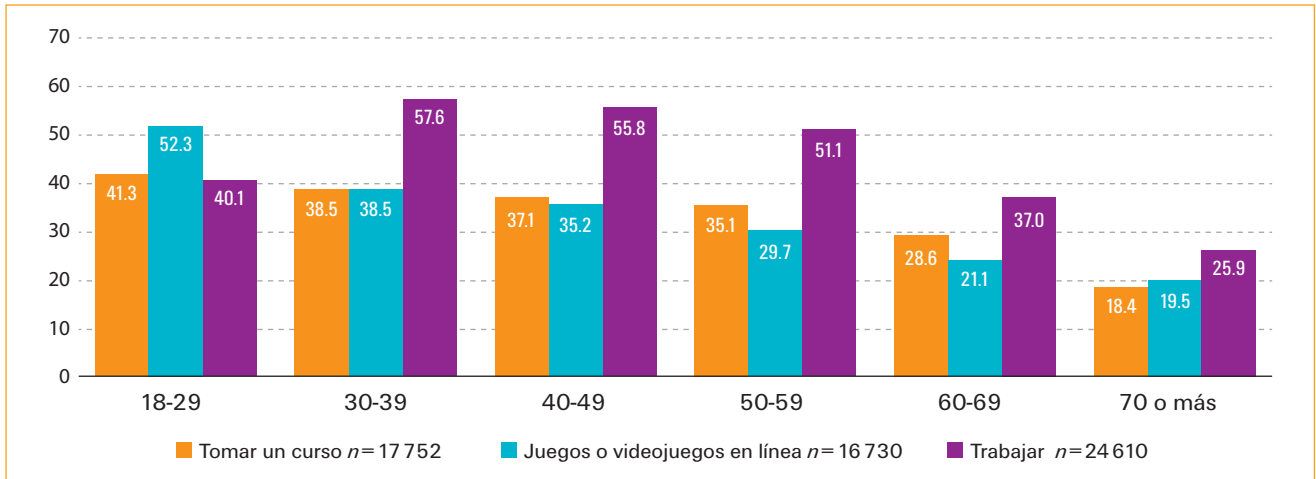
Lo anterior reafirma un uso diferenciado de las TIC durante el periodo de confinamiento dependiendo de la edad de los participantes. Mientras que para gran parte de los jóvenes puede representar un medio para acceder a cursos de capacitación o continuar en contacto con sus amigos a través de videojuegos, para las personas mayores representa la posibilidad de tener compañía y comunicación con su familia, como se expuso anteriormente. La Gráfica 4 muestra algunas actividades que los encuestados han realizado durante la contingencia apoyados por estas tecnologías.

Conclusiones

■ Sin duda, las tecnologías de información y comunicación junto con la inteligencia artificial, sobre todo en lo que concierne al procesamiento de datos e información,



Gráfica 3. Medios de información consultados por grupos de edad. Fuente: Cuestionario COVID-19, IIMAS-IIS-UNAM.



Gráfica 4. Actividades realizadas durante la contingencia. Fuente: Cuestionario COVID-19, IIMAS-IIS-UNAM.

han ayudado en el manejo de la pandemia tanto a los gobiernos como a los individuos.

En este trabajo mostramos la importancia de las TIC para mantener las relaciones de confianza como una forma de apoyo para el manejo de la crisis actual. Para ello, comenzamos narrando cómo las herramientas tecnológicas han permitido la integración de nuestro grupo de investigación, constituido en redes que posibilitaron diseñar, construir y compartir el cuestionario y los resultados. Si bien los equipos de trabajo surgieron a partir de colaboradores que se conocían previamente y que sumaron a los trabajos a otros investigadores de sus redes de confianza, también es cierto que mucho de lo que se hizo no hubiera sido posible sin las posibilidades que ofrecen las TIC, por lo que llegaron a fungir como un actor no humano habilitador de redes de colaboración para la construcción de conocimiento; sin su presencia, el alcance y la velocidad que tuvieron estas investigaciones hubiesen sido otros.

Lo mismo ocurre entre quienes contestaron el cuestionario. Las redes y la confianza que logran conservar y promover entre las personas permiten enfrentar los distintos retos que supone la situación de emergencia (la cuarentena y el riesgo de contagio). Es en este sentido que las TIC son muy importantes porque permiten mantener los contactos iniciales y echar mano de los vínculos de éstos. Lo anterior es vital para conservar el empleo, pues los empleadores tienen la confianza de que los trabajadores pueden seguir laborando desde su casa gracias a que las TIC son herramientas que lo hacen posible y ofrecen medios de control. Asimismo, a los jóvenes

les dan la posibilidad de acceder a cursos en línea y mantener los vínculos con sus grupos de amigos; en tanto, a los adultos mayores les posibilitan el acompañamiento a distancia de la familia.

Como ya mencionamos brevemente, hay tres temas que parecen centrales y que este estudio no tuvo la oportunidad de explorar. El primero es el papel “protector” que pueden tener las redes sociales en la psicología de las personas durante situaciones de crisis como la que actualmente estamos viviendo. Otro aspecto es la reorganización del trabajo desde casa, lo cual parece muy importante en la medida en que, si bien puede facilitar que las personas conserven su empleo y apoyar a que la economía de un país no se vea tan afectada de manera negativa, también abre la puerta a nuevas formas de intromisión y pérdida de privacidad frente a los empleadores, y da pie a una sobreexplotación laboral disfrazada de comodidad. Por último, dada la importancia de estas tecnologías, es fundamental que la sociedad en su conjunto, de manera justa y equitativa, tenga la posibilidad de acceder a ellas y a la totalidad de sus atributos.

Así, el acceso a internet y a los servicios públicos digitales son ahora temas esenciales para lograr una vida digna, sin dejar a nadie atrás. Las ciudades están en primera línea para equilibrar la igualdad de servicios, el rendimiento, la accesibilidad, la elección, la seguridad y los derechos de toda la ciudadanía. La emergencia sanitaria puede contribuir a impulsar el uso de las TIC incluso en los grupos de edad que no necesariamente eran usuarios fuertes, pero que sí tienen los recursos económicos para

acceder tanto a la conexión a internet como a los dispositivos para conectarse.

Sin duda, como toda tecnología, la apropiación social de las TIC puede tener efectos no previstos. Por ejemplo, está la difusión de información engañosa o abiertamente falsa, pero también se pueden tener grandes beneficios, como hacer que una sociedad sea más resistente ante eventos como una pandemia. Para finalizar, quisiéramos añadir que esta situación pone sobre la mesa la necesidad de tener una gobernanza más justa y equitativa de las TIC, y se esperaría una mayor solidaridad por parte de los proveedores de estos servicios, así como una mayor apertura de parte de los gestores para tener una discusión con el resto de la sociedad.

Agradecimientos

En el diseño, aplicación y análisis del cuestionario en el que se basa este trabajo participaron también Jorge Luis Pérez, Érick Molino y Antonio Neme, por el IIMAS; Rebeca de Gortari y Laura Calvo, por el IIS; y Carlos Valdez González, por el CEM de Costa Rica.

Yvon Angulo

Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México.

yvon.angulo@sociales.unam.mx

María Josefa Santos

Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México.

mjsantos@sociales.unam.mx

Jesús M. Siqueiros

Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, Unidad Mérida, Universidad Nacional Autónoma de México.

jmario.siqueiros@iimas.unam.mx



Lecturas recomendadas

BBC Technology (2020), "Social media firms fail to act on COVID-19 fake news", *BBC*. Disponible en: <<https://www.bbc.com/news/technology-52903680>>, consultado el 11 de junio de 2020.

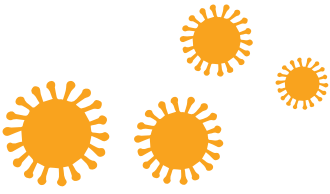
Daskal, J. y M. Perrault (2020), "The Apple-Google Contact Tracing System Won't Work. It Still Deserves Praise", *Slate*. Disponible en: <<https://slate.com/technology/2020/05/apple-google-contact-tracing-app-privacy.html>>, consultado el 7 de julio de 2020.

Jaimovich, D. (2020), "Coronavirus: Apple y Google facilitan el desarrollo de aplicaciones para el rastreo de contactos", *Infobae*. Disponible en: <<https://www.infobae.com/america/tecnologia/2020/05/21/coronavirus-apple-y-google-facilitan-el-desarrollo-de-aplicaciones-para-el-rastreo-de-contactos/>>, consultado el 7 de julio de 2020.

Stafford, J. (2020), "Can social media help young people to cope with lockdown?", *The University of Manchester*. Disponible en: <<https://www.manchester.ac.uk/discover/news/can-social-media-help-young-people-to-cope-with-lockdown/>>, consultado el 7 de julio de 2020.

Van Bavel, J. J. *et al.* (2020), "Using social and behavioral science to support COVID-19 pandemic response", *Nature Human Behavior*, 4:460-471. Disponible en: <<https://www.nature.com/articles/s41562-020-0884-z>>, consultado el 7 de julio de 2020.

Juan Ramón de la Fuente y Pablo Arrocha Olabuenaga



Iniciativa de México para garantizar el **acceso mundial a medicamentos, vacunas y equipo médico** para hacer frente a la crisis de COVID-19¹

El 20 de abril de 2020, una propuesta mexicana presentada ante la Asamblea General de las Naciones Unidas fue aprobada por 179 votos de países como copatrocinadores, para convertirse en la resolución 74/274,² con el título “Cooperación internacional para garantizar el acceso mundial a medicamentos, vacunas y equipo médico para hacer frente a la crisis de COVID-19”.



¹ Una versión anterior de este texto se publicó en <www.justsecurity.com>. Se reproduce con el permiso de los autores, tras su revisión de la traducción del inglés al español.

² Véase <<https://undocs.org/es/A/RES/74/274>>.

Introducción

El 26 de marzo de 2020, el Grupo de los Veinte (G20) celebró una cumbre virtual enfocada en la pandemia de COVID-19. En esa reunión, el presidente de México, Andrés Manuel López Obrador, hizo tres propuestas concretas (López, 2020). La primera de éstas fue la intervención de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para garantizar que todos los países tengan igualdad de acceso a los medicamentos y el equipo médico que, debido a la pandemia en curso, los Estados con ventaja económica están acaparando. También dijo que la ONU debería intervenir para evitar la especulación económica en la compra y adquisición de medicamentos y equipo médico. Unas semanas después, el 20 de abril, esta propuesta mexicana, respaldada por 179 países como copatrocinadores, sería adoptada por consenso como la resolución 74/274 de la Asamblea General de las Naciones Unidas, con el título “Cooperación internacional para garantizar el acceso mundial a medicamentos, vacunas y equipo médico para hacer frente a la crisis de COVID-19” (ONU, 2020a).

Queremos explicar cómo esta resolución se abrió camino en el sistema de las Naciones Unidas durante un periodo en el que la Organización ha adoptado procedimientos especiales para continuar con su vital labor, cómo las delegaciones se unieron en este proceso y cómo el mandato que ahora se establece en esta primera resolución orientada a la acción puede ayudar a la comunidad mundial a hacer frente a la pandemia de coronavirus.

La iniciativa de México en las Naciones Unidas

Es en tiempos de crisis cuando más se necesita a las Naciones Unidas. El propósito de lograr la cooperación internacional para la solución de los problemas globales de carácter económico, social o humanitario es el núcleo de la Organización, como se refleja en el párrafo 3 del artículo 1 de la Carta de las Naciones Unidas. Como lo mencionó Andras Vamos-Goldman en su artículo para *Just Security* (Vamos-Goldman, 2020): “Cuando la disfuncionalidad internacional realmente importa”, la Asamblea General de las Naciones Unidas puede y debe desempeñar un papel crucial para impulsar la cooperación internacional y fortalecer la labor del Secretario General para ese fin. Más aún cuando el Consejo de Seguridad, que debería tomar medidas decisivas para

hacer frente a esta pandemia, ha estado, sin duda, “desaparecido en acción” (Gladstone, 2020).

El 2 de abril, la Asamblea General aprobó por consenso la resolución 74/270 (ONU, 2020e) presentada por Ghana, Indonesia, Liechtenstein, Noruega, Singapur y Suiza, intitulada “Solidaridad mundial para luchar contra la enfermedad denominada coronavirus (COVID-19)”. Con certeza, esta resolución –de la que México se enorgullece de haber copatrocinado– envió un importante mensaje de unidad al reafirmar el compromiso de todos los Estados con la cooperación internacional y el multilateralismo, y su apoyo firme al papel central del sistema de las Naciones Unidas en la respuesta mundial a la pandemia de COVID-19. Sin embargo, sus términos tienen un carácter declaratorio y no establecen acciones específicas ni decisiones sobre la forma de operar; aunque era la intención declarada de esta iniciativa. En una carta del 30 de marzo, los autores de la resolución indicaron expresamente lo siguiente:

Este proyecto de resolución representa un primer paso importante y tardío que *deja abierta la posibilidad de resoluciones posteriores sobre cuestiones específicas o áreas adicionales no cubiertas en nuestro proyecto de resolución*. De hecho, creemos que se necesitarán más decisiones de la Asamblea General para abordar eficazmente esta compleja crisis mundial.*

Es en este contexto que, a partir de las propuestas que presentó el presidente de México en la cumbre virtual del G20, el equipo de la Misión Permanente de México ante las Naciones Unidas elaboró un proyecto de resolución para la revisión y aprobación de la Asamblea General.

Un proceso inusual

La resolución 74/274 fue la segunda aprobada por la Asamblea General mediante un “procedimiento de silencio” excepcional, conforme a la decisión 74/544, intitulada “Procedimiento para la toma de decisiones de la Asamblea General durante la pandemia de la enfermedad del coronavirus de 2019 (COVID-19)”, en la que se establecen las condiciones en las que este órgano puede operar ahora que no es posible reunirse en la sede de

* Énfasis añadido.



las Naciones Unidas para trabajar de forma habitual. La decisión establece lo siguiente:

La Asamblea General,

Preocupada por la situación respecto de la enfermedad del coronavirus 2019 (COVID-19) y las limitaciones recomendadas en reuniones llevadas a cabo dentro de la sede de las Naciones Unidas como medidas de precaución destinadas a contener la propagación de COVID-19,

Autoriza al Presidente de la Asamblea General, cuando, a su juicio, no sea posible celebrar una sesión plenaria de la Asamblea General debido a la pandemia de coronavirus, a que, tras consultar con la Mesa de la Asamblea General, distribuya a todos los Estados Miembros los proyectos de decisión de la Asamblea General con apego a un procedimiento de silencio de 72 horas como mínimo,

Decide que, si no se rompe el silencio, la decisión se tendrá por adoptada y la Asamblea General tomará nota de ella en su primera sesión plenaria que se celebre después del cese de las medidas cautelares, tan pronto como las circunstancias lo permitan, y que esta decisión sobre el procedimiento de toma de decisiones de la Asamblea General estará en vigor hasta finales de mayo, a menos que se prorrogue por este procedimiento.

La resolución 74/274 es también la primera orientada a la acción que se aprueba durante esta crisis. Como primer paso, México preparó un proyecto de resolución y lo distribuyó a todos los Estados miembros de las Naciones Unidas el 3 de abril, junto con una nota conceptual que explicaba los objetivos y el alcance del proyecto. En circunstancias normales, una vez presentado el proyecto, las delegaciones realizan rondas de consultas en la ONU. Sobra decir que, bajo las actuales reglas de distanciamiento social, este proceso se vuelve prácticamente imposible. No obstante, a pesar de las dificultades con los métodos de trabajo, era importante que México llevara a cabo un proceso de consultas abierto, incluyente y transparente en la medida de lo posible. Se dio tiempo suficiente para que todas las delegaciones estudiaran el texto, lo compartieran con sus gobiernos y transmitieran cualquier sugerencia, pregunta o comentario a los puntos focales de la Misión de México. De hecho, varias delegaciones solicitaron aclaraciones o presentaron propuestas de texto, como es normal en las negociaciones multilaterales. Todas las preguntas recibieron respuestas, y todas las propuestas fueron consideradas cuidadosamente.

Es importante destacar que en la elaboración del proyecto se tuvo debidamente en cuenta el Informe de las Naciones Unidas “Responsabilidad compartida, solidaridad mundial: Responder a los impactos socioeconómicos de COVID-19” (ONU, 2020d), y que a lo largo de todo el proceso se realizaron estrechas consultas con la Oficina del Secretario General.

Tras un examen minucioso de todas las observaciones recibidas, se hicieron cambios en el texto para que la resolución fuera más precisa. Estos ajustes incluyeron algunos elementos reiterados por varias delegaciones, así como cuestiones importantes, pero que no modificaron la naturaleza y el alcance del proyecto original. Se trataba de un proceso muy delicado, ya que debía asegurar que se lograra un equilibrio para que la resolución fuera eficaz, pero también para hacer posible su aprobación por consenso.

El 8 de abril se envió el texto final al presidente de la Asamblea General con la petición de que se distribuyera, con apego al procedimiento de silencio, a todos los Estados miembros de las Naciones Unidas para su aprobación por consenso, de acuerdo con la decisión 74/544. El proceso de consulta que condujo a un texto equilibrado permitió también obtener el respaldo de 179 países de todas las regiones del mundo que copatrocinaron la resolución. Esto representa el 93% de los miembros de la Organización.

Tras la petición al presidente de la Asamblea General, las consultas con la Mesa de la Asamblea General se realizaron el 15 de abril, una semana después de su presentación oficial. La Mesa también examinó otros dos proyectos de resolución presentados por Rusia (ONU, 2020b) y por Arabia Saudita (ONU, 2020c), respectivamente. Ambos textos se refieren a la pandemia de COVID-19 (aunque incluyen elementos mucho más políticos que prácticos). Esto llevó a algunas delegaciones a sugerir que las tres propuestas se fusionaran, en la medida de lo posible, o se consideraran conjuntamente como un paquete.

México abogó firmemente por su consideración independiente y por la publicación inmediata de su proyecto de resolución, con apego al procedimiento de silencio, teniendo en cuenta el particular proceso de consultas seguido, así como la especificidad de las cuestiones abordadas en su texto, y el hecho de que su proyecto ya se había presentado oficialmente para su examen (a diferencia del proyecto de resolución de Arabia Saudita en ese



momento). La Mesa estuvo de acuerdo con este enfoque y, consecuentemente, formuló su recomendación. Por lo tanto, el proyecto de resolución entró en un procedimiento de silencio ese mismo día, con fecha límite del 20 de abril, a las 5:00 pm (hora del este de EUA).

Como corolario de las otras dos iniciativas, baste decir que tanto la resolución de Rusia como la de Arabia Saudita también se distribuyeron finalmente conforme al procedimiento de silencio y ambas recibieron objeciones que impidieron su adopción. El presidente de la Asamblea General nombró a los embajadores de Afganistán y de Croacia como coordinadores de las iniciativas relacionadas con la pandemia de COVID-19, que incluyen estos dos textos además de una nueva iniciativa presentada por Egipto, Argelia, China, Arabia Saudita y Zambia, respecto al “Fortalecimiento de la respuesta rápida nacional e internacional al impacto de COVID-19 en las mujeres y las niñas”.

Desafíos y reacciones

■ El procedimiento de silencio de 72 horas que condujo a la aprobación de la resolución 74/274 fue crucial para asegurar el consenso. Los esfuerzos por aumentar el número de delegaciones copatrocinadoras nunca cesaron, y durante ese tiempo las cifras siguieron creciendo. Esto fue resultado de las gestiones de la Misión Permanente de México ante la ONU en Nueva York, con el invaluable apoyo de la Secretaría de Relaciones Exteriores de México y los esfuerzos coordinados con los gobiernos.

Al mismo tiempo surgieron tensiones políticas, ya que la resolución se distribuyó bajo el procedimiento de silencio justo al día siguiente de que el presidente Donald Trump anunciara que los Estados Unidos de América detendrían su financiación a la Organización Mundial de la Salud (OMS). Aunque la resolución 74/274 no aborda la función de la OMS, sí reafirma el papel fundamental del sistema de las Naciones Unidas en la coordinación



de la respuesta mundial para controlar y contener la propagación de la enfermedad viral, y reconoce la función de liderazgo crucial que desempeña la OMS. Esta última mención, que había estado ahí desde el primer borrador y a la que ninguna delegación se había referido en sus comentarios, se convirtió repentinamente en el centro de atención en esta coyuntura particular, lo que llevó a un intercambio intenso con nuestros colegas estadounidenses. En consecuencia, la Misión de EUA ante la ONU no rompió el silencio, pero presentó oficialmente una explicación de su posición (United States Mission to the United Nations, 2020) en la que se desvincularon de los párrafos 1 y 5 de la parte operativa en los siguientes términos:

Los Estados Unidos continúan profundamente comprometidos a trabajar con la comunidad mundial para responder a la actual pandemia de coronavirus (COVID-19). Si bien los Estados Unidos apoyan en general la resolución titulada “Cooperación internacional para garantizar el acceso mundial a medicamentos, vacunas y equipo médico para hacer frente a COVID-19”, se desvinculan del párrafo 1 de la parte operativa relativo al “papel rector crucial” de la Organización Mundial de la Salud en el brote de COVID-19. Aunque los Estados Unidos reconocen que la OMS debe desempeñar un papel en los esfuerzos por poner fin a este brote, seguimos seriamente preocupados por la falta de independencia que ha mostrado la OMS desde el comienzo de la pandemia.

[...]

Además, los Estados Unidos se desvinculan del párrafo 5 de la parte operativa debido a nuestra inquietud respecto del texto relativo a la creación de un nuevo grupo de trabajo interinstitucional de las Naciones Unidas. Nos preocupa seriamente la forma en que la Organización Mundial de la Salud ha respondido a la pandemia, y la creación de capas burocráticas de las Naciones Unidas carentes de controles para garantizar la independencia, la rendición de cuentas y la transparencia, nos parece innecesaria e imprudente.

Los Estados Unidos solicitan que esta Explicación de Posición forme parte del acta de las reuniones.

También presentaron explicaciones generales de posición la Unión Europea, Australia, Liechtenstein, Venezuela, Reino Unido y Pakistán. No obstante, ninguna de estas explicaciones se disoció de ningún párrafo de la resolución ni se opuso a ninguno de sus contenidos. En

general, se refirieron, por una parte, a la necesidad de mejorar las negociaciones y los procesos de consulta en estos tiempos de crisis y, por otra, a algunos elementos adicionales que las delegaciones habrían preferido que se incluyeran.

Es cierto que se podrían haber agregado otros elementos políticos para lograr una resolución más sólida, pero eso habría hecho que fuera mucho más difícil (si no imposible) producir un texto que pudiera aprobarse por consenso, dadas las circunstancias actuales y los métodos de trabajo limitados. Por ello, la convicción de México fue siempre la de mantener un texto breve y orientado a la acción que permitiera al Secretario General actuar en esta crisis con el pleno respaldo de la Asamblea General.



Empoderar al Secretario General mediante una resolución sucinta orientada a la acción

El principal objetivo de la resolución 74/274 es lograr que el sistema de las Naciones Unidas se comprometa a garantizar un acceso equitativo a los medicamentos, las vacunas y el equipo médico, al evitar la especulación y el acaparamiento que puedan obstaculizar que los países obtengan esos suministros esenciales. Para ello, confiere al Secretario General dos mandatos específicos:

- En primer lugar, en estrecha colaboración con la OMS y otros organismos pertinentes del sistema de las Naciones Unidas –entre ellos las instituciones financieras internacionales–, determinar y recomendar opciones, incluidos los enfoques, para aumentar rápidamente la fabricación y fortalecer las cadenas de suministro que promuevan y garanticen el acceso y la distribución de manera justa, transparente, equitativa, eficiente y oportuna de instrumentos preventivos, pruebas de laboratorio, reactivos y material de apoyo, suministros médicos esenciales, nuevos diagnósticos, medicamentos y futuras vacunas contra la enfermedad COVID-19, con miras a ponerlos a disposición de todos los que los necesiten, en particular en los países en desarrollo.
- En segundo lugar, implementar las medidas necesarias, en estrecha colaboración con la OMS, para coordinar y seguir eficazmente los esfuerzos del sistema de las Naciones Unidas para promover y garantizar el acceso mundial a los medicamentos,

las vacunas y el equipo médico necesarios para hacer frente a la pandemia de COVID-19 y, a este respecto, considerar la posibilidad de establecer un equipo de tareas interinstitucional.

Cabe mencionar que el Secretario General tendrá que informar a los Estados miembros sobre sus esfuerzos en la aplicación de esta resolución.

Si bien la aprobación consensuada de la resolución 74/274 fue un logro notable dadas las circunstancias, su verdadera importancia radica en el efecto real que pueda tener en la práctica. Esto dependerá de la capacidad del Secretario General, junto con la OMS, para asegurarse de que el sistema de las Naciones Unidas desempeñe un papel crucial para garantizar el acceso mundial a los medicamentos, las vacunas y el equipo médico para hacer frente a la pandemia de COVID-19.

Ahora es el momento de pasar de la retórica a la acción, y especialmente cuando las vacunas y los tratamientos empiecen a estar disponibles en un futuro previsible. México seguirá prestando particular atención al seguimiento que se dé a la resolución 74/274 y continuará explorando las formas en que las Naciones Unidas pueden reafirmar su papel de liderazgo en esta crisis.

Creemos que existe ahora una nueva oportunidad para asegurar que el consenso internacional reflejado en la resolución 74/274 muestre de manera efectiva el impacto positivo que el sistema de las Naciones Unidas tiene en la vida de las personas en todo el mundo y, asimismo, demuestre el poder del multilateralismo y la cooperación internacional, valores que México y nosotros personalmente seguiremos promoviendo y adoptando.

Juan Ramón de la Fuente

Representante Permanente de México ante las Naciones Unidas; expresidente de la Academia Mexicana de Ciencias.
jrfuente1@gmail.com

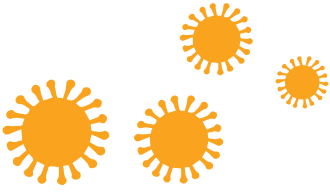
Pablo Arrocha Olabuenaga

Asesor Jurídico de la Misión Permanente de México ante las Naciones Unidas.
pablo_jessup@yahoo.com

Referencias específicas

- Gladstone, R. (2020), "U.N. Security Council 'Missing In Action' in Coronavirus Fight", *The New York Times*. Disponible en: <<https://www.nytimes.com/2020/04/02/world/americas/coronavirus-united-nations-guterres.html>>, consultado el 6 de julio de 2020.
- López Obrador, A. M. (2020), "Versión estenográfica de la intervención del presidente Andrés Manuel López Obrador en la Cumbre Virtual de Líderes del G20". Disponible en: <<https://lopezobrador.org.mx/2020/03/26/version-estenografica-de-la-intervencion-del-presidente-andres-manuel-lopez-obrador-en-la-cumbre-virtual-de-lideres-del-g20/>>, consultado el 6 de julio de 2020.
- ONU (2020a), "Cooperación internacional para garantizar el acceso mundial a los medicamentos, las vacunas y el equipo médico con los que hacer frente a la COVID-19". Disponible en: <<https://undocs.org/es/A/RES/74/274>>, consultado el 6 de julio de 2020.
- ONU (2020b), "Declaración de solidaridad de las Naciones Unidas ante los retos que plantea la enfermedad por coronavirus de 2019 (COVID-19)". Disponible en: <<https://undocs.org/es/A/74/L.51/Rev.1>>, consultado el 6 de julio de 2020.
- ONU (2020c), "Respuesta unificada contra las amenazas para la salud mundial: la lucha contra la COVID-19". Disponible en: <<https://undocs.org/es/A/74/L.57>>, consultado el 6 de julio de 2020.
- ONU (2020d), "Shared responsibility, global solidarity: Responding to the socio-economic impacts of COVID-19". Disponible en: <https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/sg_report_socio-economic_impact_of_COVID-19.pdf>, consultado el 6 de julio de 2020.
- ONU (2020e), "Solidaridad mundial para luchar contra la enfermedad por coronavirus de 2019 (COVID-19)". Disponible en: <<https://undocs.org/es/A/74/L.52>>, consultado el 6 de julio de 2020.
- United States Mission to the United Nations (2020), "Explanation of Position on resolution 'International Cooperation to ensure global access to medicines, vaccines and medical equipment to face COVID-19'". Disponible en: <<https://usun.usmission.gov/explanation-of-position-on-resolution-international-cooperation-to-ensure-global-access-to-medicines-vaccines-and-medical-equipment-to-face-covid-19/>>, consultado el 6 de julio de 2020.
- Vamos-Goldman, A. (2020), "When International Dysfunctionality Really Matters", *Just Security*. Disponible en: <<https://www.justsecurity.org/69633/when-international-dysfunctionality-really-matters/>>, consultado el 6 de julio de 2020.

Arturo Huerta González



Propuestas para enfrentar la **crisis económica** producida por la pandemia

Se requiere una mayor participación del Estado para encarar los problemas generados por la pandemia, dado que el mercado no se encarga de resolverlos. La crisis replantea la globalización y las políticas que la acompañan. Se propone una coordinación entre la política monetaria y fiscal, la regulación del sector financiero y del movimiento de mercancías y capitales, para un crecimiento sustentable.



El Estado debe asumir un papel activo y preponderante para superar la crisis

En todo el mundo se demanda una mayor intervención del Estado en las economías para enfrentar los problemas que se presentan, a pesar de que siempre el sector privado insiste en la menor participación del gobierno. Sin embargo, en las crisis, los grupos de poder claman porque el Estado actúe a su favor. Por otro lado, los desempleados, quienes pierden sus hipotecas y casas, piden apoyo. El papel que asume el Estado depende de la correlación de fuerzas y, por lo general, favorece al gran capital; aunque el presidente Roosevelt de los Estados Unidos de América en 1933 actuó a favor del sector productivo y de los que demandaban empleo. El actual gobierno de México ha dicho que no apoyará a las empresas porque es responsabilidad de los empresarios, y que no hará lo mismo que otros gobiernos que siempre apoyaban a los grandes empresarios a costa de sobreendeudar al país. De ahí que no ha cedido a la demanda de postergar el pago de impuestos ni ha otorgado apoyos y subsidios, lo cual está originando que muchas empresas quiebren.

La dimensión de la crisis que enfrentamos actualmente exige un Estado fuerte (de nuevo tipo), que asuma un papel rector y que recupere el manejo soberano de la política monetaria, fiscal, financiera y comercial para contar con los recursos y hacer la asignación necesaria para superar la pandemia y la crisis económica. Solamente el gobierno puede instrumentar medidas encaminadas a encarar las tres crisis (sanitaria, ecológica y económica), dado que ello no es preocupación ni competencia del mercado (sector privado). Más aún, el mercado, en su lógica de la ganancia, ha exacerbado dichos problemas. A las empresas les interesa retomar la dinámica económica, más que tomar acciones para cuidar el ecosistema o mantener la cuarentena y la sana distancia para frenar la pandemia.

El COVID-19, así como los problemas derivados del calentamiento de la Tierra, han evidenciado cómo las políticas económicas de más mercado y menos Estado han relegado los servicios médicos públicos, así como las regulaciones necesarias para cuidar el ambiente, y además han colocado a un alto porcentaje de los trabajadores en una situación de precariedad laboral, pues no tienen empleo fijo ni bien remunerado y deben vivir al día, por lo que no pueden guardar cuarentena para protegerse del virus.

Superar la crisis dependerá de las políticas que el gobierno instrumente para contrarrestar la caída de las exportaciones, el abasto, la producción y el empleo. Tienen que ser políticas que impliquen grandes cambios, ante la profundidad de los problemas que se enfrentan. El gobierno debe hacer todo lo necesario, tanto para vencer el coronavirus como para evitar el cierre de empresas y un mayor desempleo, así como para frenar la polución y el deterioro del entorno. Le compete al Estado reglamentar y legislar para que las acciones de las empresas y los individuos no impacten contra el ecosistema.

La profunda crisis actual es también una oportunidad para dejar atrás las políticas neoliberales causantes de los problemas que tenemos y, con ello, recuperar el manejo de la política monetaria y fiscal para reestructurar la economía con el objetivo de alcanzar los propósitos nacionales. Hay que abandonar la austeridad fiscal y trabajar con un **gasto público deficitario** del tamaño suficiente para atender y desarrollar el sistema de salud, la ciencia y la tecnología, así como para incrementar la productividad y preservar la planta productiva y el empleo, para lograr el crecimiento económico sustentable, reducir nuestra dependencia de los flujos de capital, así como garantizar el empleo para aquel que lo busca y no lo encuentra.

Debe incrementarse la participación del gobierno en la economía, no sólo a través del mayor gasto, sino también regulando al sector bancario y al sector externo (el movimiento de mercancías y capitales) y, sobre todo, hay que replantear los objetivos del banco central. De no asumir el Estado el papel que le corresponde para superar los problemas que encaramos, éstos proseguirán y nos pueden llevar a otra década perdida, peor que la de los años ochenta del siglo XX, pues ahora tenemos menos industria, menos empresas públicas y somos más dependientes y vulnerables ante el acontecer internacional.

Gasto público deficitario

Cuando el gobierno gasta más que sus ingresos. Ello se traduce en mayores ingresos para el sector no gubernamental (privado nacional y extranjero).



La superación de la crisis

■ pasa por replantear la globalización

■ Muchos esperan que los crecientes gastos de los gobiernos y la gran liquidez inyectada por los bancos centrales en los países desarrollados permitirán retomar la dinámica económica y la generación de empleos. El problema es que la presente crisis obliga a replantear la globalización, caracterizada por la libre movilidad de capitales y mercancías enlazadas por cadenas produc-



tivas en todo el mundo, debido a que la pandemia del COVID-19 ha roto muchas cadenas de abastecimiento, lo que ha frenado la producción en la mayoría de los países por las cuarentenas de los trabajadores, lo cual a su vez ha generado desabasto y escasez de productos y, en consecuencia, grandes pérdidas para las empresas.

La libre movilidad de capitales le ha quitado el manejo soberano de la política monetaria y fiscal al gobierno mexicano, que ha tenido que privilegiar los objetivos de estabilidad monetaria-cambiaría y austeridad fiscal a costa de sacrificar el empleo, la distribución del ingreso y el crecimiento económico. De continuar el gobierno con la presente política, caeremos en una crisis prolongada, que costará muchos años revertir.

Los problemas de la caída de exportaciones, del comercio internacional, de la producción y del empleo, así como el déficit de cuenta corriente en la balanza de pagos, llevarán a muchas economías a pronunciarse por políticas que protejan su planta productiva y el empleo. Además, se inclinarán por impulsar la sustitución de importaciones y reducir la dependencia de productos del exterior para la entrada de capitales.

La estrategia de crecimiento hacia las exportaciones tiene que ser replanteada, dada la recesión de la economía mundial, que no volverá a crecer como antes. De hecho, el crecimiento del comercio exterior ya traía un bajo dinamismo desde 2009, y a partir de la presente crisis, será menor (véase la Tabla 1).

La globalización y las políticas económicas que la acompañan ya venían siendo cuestionadas porque afectan las condiciones endógenas de acumulación. Han desindustrializado a muchos países, han aumentado las presiones sobre el sector externo y han llevado a las economías en desarrollo a depender del comportamiento de las variables externas y de la entrada de capitales, lo que les ha configurado un bajo crecimiento económico y una gran vulnerabilidad hacia el acontecer internacional.

Muchos países revisarán su inserción en el proceso de globalización, a fin de disminuir la vulnerabilidad y los

riesgos que ésta impone, por lo que tratarán de producir internamente la mayor parte de los insumos estratégicos, para asegurar el abasto y depender menos del exterior, a pesar de que ello implique mayores costos de producción. Esto frenará las exportaciones y acentuará la caída del comercio mundial.

Hay quienes señalan que el replantear las cadenas de valor, para disminuir la dependencia de importaciones y la vulnerabilidad que genera la interrupción del abasto de insumos, trastocaría el comercio internacional debido a que su mayor actividad se realiza entre los procesos productivos ubicados en diferentes países. Al reducirse el comercio internacional, no necesariamente se afectarían las economías latinoamericanas, pues sus exportaciones de materias primas y minerales son indispensables para el resto del mundo, aunque ello no les ha bastado para alcanzar condiciones de crecimiento sostenido. Las exportaciones e importaciones que serían afectadas con la reestructuración de las cadenas de valor son, sobre todo, de productos manufacturados. Cabe recordar que tales países crecieron más cuando se impulsó el proceso de sustitución de importaciones que cuando pasó a predominar la estrategia de crecimiento hacia fuera.

Al avanzar los países en la producción interna de ciertos bienes para disminuir el abasto externo, se generarán efectos multiplicadores internos que reducirán el déficit de comercio exterior e incrementarán el ingreso de empresas e individuos. Al revisarse las cadenas de suministro, no sólo cambiará el comercio exterior, sino también los flujos de inversión extranjera directa, asociados a las cadenas productivas. Ello llevará a las economías dependientes de la entrada de capitales a reducir dichos requerimientos financieros y a promover y asegurarse del financiamiento interno. Habrá también quienes decidan diversificar el suministro de sus insumos para no depender de un solo abastecedor. Aunque habrá quienes quieran seguir abasteciéndose de insumos baratos de Asia y otros países y asumir el riesgo de desabasto que pueda ocasionar otra pandemia. Mientras siga la lógica de la ganancia, las inversiones seguirán atentando contra el ecosistema y la esfera productiva nacional, además del empleo, los salarios y el sector salud.

Los defensores de la globalización se oponen a que este proceso vaya a revertirse, debido a que se ocasionarían presiones sobre los precios y se afectaría el crecimiento económico de todos los países. Al preferir los gobiernos el abastecimiento interno de insumos estraté-

Tabla 1. Comercio mundial.

Periodo	Tasa de crecimiento promedio
2003-2008	16%
2010-2019	5%

Elaboración propia con datos de las exportaciones e importaciones de la Organización Mundial del Comercio.



gicos, frente a los productos importados, esto se traducirá en precios más altos, con relación a los bajos precios que ha originado la internacionalización de los procesos productivos; éste será el costo de impulsar tanto la producción y el empleo nacional como su dinámica económica, así como de reducir el riesgo de otro eventual desabasto que pueda derivarse de cualquier otro *shock* externo.

Urgencia de mantener la planta productiva y el empleo

El gobierno mexicano, en su propósito de mantener la austeridad fiscal, no satisface las demandas empresariales de postergar el pago de impuestos o de otorgar subsidios para sortear los problemas, lo cual llevará a que muchas empresas salgan del mercado, la actividad económica se contraiga y el desempleo se incremente más.

No se debe proseguir con las políticas de austeridad fiscal que relegan y privatizan los servicios de salud, educación, ciencia, tecnología e innovación, entre otros. Además, la austeridad induce también una contracción de la demanda y el mercado interno, con la consiguiente disminución de la dinámica económica y la generación de empleo. En cambio, el gobierno puede darse el espacio fiscal necesario para encarar la pandemia y contrarrestar la caída de las exportaciones, del consumo y de la inversión privada, que ya están contrayendo la actividad económica y generando millones de desempleados y más pobres.

El objetivo prioritario de la expansión del gasto público deficitario debe ser mantener sistemas de atención

médica eficientes y efectivos, así como los servicios públicos en general. Hoy se requieren más recursos que antes para la investigación y el desarrollo de la ciencia médica, y en general para el incremento de la productividad que permita mejorar los salarios. Se requiere del gasto público deficitario para preservar y aumentar la producción y el empleo, con el objetivo de evitar problemas de escasez de productos que puedan generar presiones inflacionarias y sobre las importaciones. Dicho gasto tiene que encaminarse a reducir el déficit del comercio exterior y los requerimientos de entrada de capitales. Hay que evitar el quiebre de empresas mediante un incremento del gasto público y de las compras a las empresas, así como cubrir cierto porcentaje de los costos laborales para preservar las fuentes de trabajo. A su vez, se debe asegurar el ingreso a los que han quedado desempleados, para así mantener la demanda y evitar que caiga la inversión. Es importante garantizar niveles de ingreso a los que viven al día para que puedan mantener la cuarentena y ayuden a frenar la pandemia. Un mayor crecimiento económico se traduciría en el incremento de la recaudación tributaria para reducir el déficit y el monto de la deuda.

El gobierno tiene que distinguir entre salvar al gran empresario y salvar la planta productiva y el empleo que ésta genera. A las empresas deberá imponerles condiciones, como preservar el empleo y evitar alzas de precios de sus productos, así como impulsar el desarrollo tecnológico e instrumentar medidas para el cuidado del ambiente. Y si el monto de apoyo a las empresas es significativo,



que sea a cambio de un porcentaje de su activo. De proseguir la destrucción de la planta productiva, disminuiría la productividad y el crecimiento potencial de la economía y, con ello, la generación de riqueza y empleo, lo que compromete el nivel de vida de la población.


Si no aumenta el gasto público y si no se reduce la tasa de interés establecida por el banco central, hasta niveles cercanos a cero, se acentuarán los problemas financieros y de insolvencia de las empresas. Esto repercutirá en la banca, que restringirá la disponibilidad crediticia, lo cual contraerá todavía más la actividad económica. Si las autoridades hacendarias deciden no recurrir al endeudamiento, tienen la opción de simplemente gastar sin necesidad de emitir deuda. En este escenario es concebible la emisión de cheques acreditados por el banco central en la cuenta del destinatario para incrementar la demanda y la generación de empleo. El límite del gasto público no está dado por sus ingresos tributarios, sino por la capacidad productiva existente en la economía que satisfaga la demanda generada por dicho gasto, a fin de evitar presiones inflacionarias y sobre las importaciones. El gobierno no debe preocuparse del déficit fiscal ni de la deuda, sino del impacto positivo que tendrá dicho gasto en la actividad económica y en el empleo, que es lo que la sociedad demanda. Y si emite deuda, que sea deuda interna, la cual se refinancia sin problema. Y si ésta crece, no representaría ningún problema si está impulsando la dinámica económica, como el ingreso de empresas e individuos, lo que se traducirá en mayor recaudación tributaria que permitirá cubrir el pago de la deuda.

Los economistas convencionales se oponen al gasto público deficitario porque supuestamente ocasiona presiones inflacionarias y sobre la tasa de interés, lo que reduce la inversión y excluye al sector privado de la economía. Ello no acontece si la economía tiene altos niveles de **capacidad ociosa** y desempleo, tal como se presenta en la economía nacional. Hoy en día, ante la caída de exportaciones, del consumo y de la inversión privada, un mayor gasto público no ocasionaría presiones inflacionarias. El uso de la capacidad ociosa, así como el aumento de la productividad y de la capacidad productiva incrementan la producción para satisfacer la mayor demanda generada por dicho gasto. Por lo tanto, el mayor gasto público incrementa la demanda y estimula la inversión del sector privado y no lo excluye. La tasa de interés la determina el banco central y no está en función del gasto público. El gobierno no tendría proble-

Capacidad ociosa

▶ Cuando hay recursos humanos y físicos no utilizados en la economía.

mas para financiar el gasto deficitario si el banco central le compra la deuda.

 **No se puede seguir canalizando dinero a proyectos fallidos**

Los aeropuertos están parados en todo el mundo y por varios años no volverán a tener la utilización que tenían antes de la pandemia. Al igual, el Tren Maya. El turismo estará estancado, debido al problema de la pandemia y a que el desempleo y la disminución del ingreso de las familias no se revertirán en los próximos años. Con relación al tren del Istmo, está encaminado a fomentar el ingreso de maquiladoras exportadoras, y el comercio internacional no volverá a tener los niveles de antes de la crisis de 2008. Asimismo, la refinería Dos Bocas es inviable ante la caída del precio internacional del petróleo y las gasolineras; además, hay otras opciones de energía alternativa. Hay que canalizar tales recursos al combate de la pandemia, a la investigación científica y tecnológica y al fomento de la innovación, para preservar la planta productiva y el empleo y asegurar el ingreso.

 **El banco central debe acompañar el incremento del gasto público**

El Banco de México debe hacer lo que los otros bancos centrales están haciendo, que es financiar al Estado. Los bancos centrales surgieron para financiar a los gobiernos. Sin embargo, las posiciones conservadoras retiraron dicha función a los bancos centrales y obligaron a los gobiernos a emitir deuda al sector privado para financiarse. Esto se dio en muchos países, y en el caso de EUA comenzó a partir de 1935.

El gobierno mexicano por décadas (antes del “desarrollo estabilizador”) se financiaba en parte emitiendo moneda, sin que ello generara presiones inflacionarias, pues era para invertir en infraestructura o impulsar el desarrollo agrícola e industrial, lo que incrementó la productividad y la capacidad productiva. La posición conservadora de quitarle el control de la moneda al Estado e impedir que el banco central compre deuda directa de los gobiernos reduce su participación en la economía, y resulta en la transferencia de recursos al sector bancario, cuando los gobiernos trabajan con déficit y caen en deuda. Al restarle capacidad de gasto al gobierno, se relegan los objetivos de pleno empleo y dis-

tribución del ingreso, que pueden afectar a los grupos de poder económico.

Las autorrestricciones que se ha impuesto el gobierno y el Congreso en México, de otorgar autonomía al banco central y fijar como único objetivo la reducción de la inflación, para quedar bien con el sector financiero, se han traducido en una creciente privatización de la economía, en un bajo crecimiento económico, en un incremento del subempleo y de la economía informal, así como en bajos salarios y una creciente desigualdad del ingreso y la riqueza. Si los bancos centrales compraran deuda a los gobiernos, éstos no tendrían problemas financieros.

Tiene que haber una coordinación permanente entre el Estado y el banco central para que se cuente con los fondos suficientes que apoyen a las empresas para preservar la planta productiva y el empleo, así como para cumplir con los Objetivos del Desarrollo Sostenible. Además de requerirse muchos recursos financieros, se necesita reordenar el proceso productivo y la lógica del comportamiento de las empresas y de las familias, para ir acorde con los compromisos asumidos con respecto al cambio climático.

El Banco de México debe comprar la deuda que el gobierno tenga que emitir, a una tasa de interés cercana a cero, tal como acontece en los países desarrollados. En Chile, la tasa de interés es 0.5%, lo cual también se puede hacer en México. El banco central puede comprar toda la deuda pública para que el gobierno gaste en el cumplimiento de los propósitos públicos. La política monetaria debe acomodarse a la política fiscal para que el gobierno no tenga que recurrir a los mercados financieros para colocar su deuda.

No hay problema si el gobierno cae en déficit fiscal y en deuda interna, ya que ello permitiría combatir la pandemia y evitar una fuerte caída de la actividad económica, lo que evitaría que se reduzcan los ingresos tributarios. Ello actuaría a favor de las finanzas públicas y reduciría el monto de la deuda, y más si el costo de la deuda está por debajo del crecimiento del ingreso nacional y la recaudación tributaria. La deuda pública interna no representa una limitante para el crecimiento, debido a que la puede refinanciar permanentemente el gobierno, y más en contexto de crecimiento, por lo que no se cae en insolvencia.



Necesidad de una política de empleo para los desempleados

La contracción económica y las altas tasas de desempleo (42 millones de nuevos desempleados en EUA desde fines de marzo hasta fines de mayo de 2020) persistirán por un tiempo. Sin embargo, los países desarrollados ofrecen el seguro de desempleo, situación que no existe en México. Serán millones de trabajadores los que queden desempleados (según el Inegi, 12.5 millones en México salieron del mercado laboral en el mes de abril) y no volverán a encontrar una fuente de trabajo; muchos de sus hijos tampoco regresarán a la escuela por tener que buscar oportunidades de empleo o subempleo que ayuden a sus familias.

Ante este problema, todos los gobiernos tratarán de frenar la migración (y aumentarán la expulsión de inmigrantes ilegales) para favorecer el empleo de los locales.





Así, ha aumentado el desempleo de los latinos en EUA y seguirá creciendo, lo cual reducirá las remesas y acen- tuará el retorno de connacionales a México. En un con- texto en el que el gobierno insiste en mantener las polí- ticas de austeridad fiscal restringiendo el gasto público, aumentará la presión sobre el empleo en el país y sobre la actividad económica.

La mayor robotización y automatización que impulsa- rá la pandemia para evitar que futuras cuarentenas frenen el proceso productivo inducirá también un aumento del desempleo, lo que presionará a la baja a los salarios. El sector privado no tiene condiciones para crear empleo, debido a los problemas financieros que enfrenta y porque no hay crecimiento y rentabilidad para aumentar la pro- ducción y el empleo. El gobierno es el único que puede generar empleo sin fines de lucro, para lo cual tiene que incrementar el gasto y la inversión con dicho propósito.

El desempleo, la pobreza y la desigualdad están cre- ciendo, así como la delincuencia. El gobierno no está asumiendo la responsabilidad de actuar como empleador de última instancia; tampoco ha generado una políti- ca de empleo para todo aquel que lo busca y no lo en- cuentra. No parece haber conciencia en el gobierno de que su afán de ahorrar para reducir la deuda viene a aumentar los problemas existentes, que demandarán mayores recursos y mayor deuda para solucionarlos. El incremento del desempleo, la pobreza y la delincuencia demandan gastos de servicios públicos, de seguridad, que presionan a las finanzas y la deuda pública. En contras-



te, al aumentar el empleo y la producción, se impulsa el bienestar social y disminuyen las enfermedades y proble- mas que se derivan del desempleo, así como las presiones que ello ejerce sobre el presupuesto.

Para alcanzar el pleno empleo con estabilidad de pre- cios, se requiere que la política monetaria, fiscal, credi- ticia y comercial se enfoque a ello. El gobierno no tiene restricciones financieras para generar empleo y, para que ello no sea inflacionario, tiene que impulsar la produc- ción de bienes de consumo salarial para que haya pro- ducción que satisfaga la mayor demanda, y así evitar pre- siones sobre precios e importaciones. El gobierno tiene que proteger el empleo, así como las prestaciones labo- rales de los trabajadores, para que la crisis no resulte en una reducción de salarios, ni de los derechos laborales.



El gobierno debe regular el movimiento de mercancías y capitales

Ante la crisis e incertidumbre, han salido del país 29 000 millones de dólares entre enero y marzo de 2020. El Banco de México informó sobre los retiros de re- cursos en los últimos meses por 250 000 millones de pesos por parte de inversionistas extranjeros que los tenían en bonos emitidos por el gobierno federal en el mercado financiero nacional. Al generarse expectativas negativas sobre el acontecer nacional e internacional, dicho capital salió para refugiarse, sobre todo, en EUA.

La salida de capitales continuará, pues proseguirá la crisis y la volatilidad de los mercados, con las consecuen- tes presiones sobre el tipo de cambio y la disminu- ción de las reservas internacionales. A ello se suma el pro- blema de insolvencia, tanto de la deuda externa (por la caída de exportaciones y menor entrada de capitales) como de la deuda interna de las empresas y familias, ante la caída del ingreso, y el alto costo del servicio de la deuda interna. Ello producirá una inestabilidad bancaria y una búsqueda de reestructuración de la deuda externa. Tal situación resalta la importancia de regular la salida de capitales para protegernos frente a la volatilidad de los mercados financieros y evitar tanto la disminu- ción de las reservas internacionales como la caída en más deuda externa para satisfacer la demanda especu- lativa por las divisas. La regulación del movimiento de capitales permite bajar la tasa de interés y flexibilizar la política fiscal para impulsar el crecimiento económico. Junto a la regulación del movimiento de capitales, el

gobierno debe ofrecer opciones de inversión en el sector productivo para que no sea retirado el capital, para lo cual debe expandir el gasto público e instrumentar una política industrial para promover la sustitución de importaciones.

El gobierno debe postergar el pago de la deuda externa

La gran mayoría de las economías en desarrollo están recurriendo a los créditos del Fondo Monetario Internacional para encarar la crisis. La cuestión es que dichos créditos vienen condicionados a que se mantenga el pago de la deuda externa y se continúe la misma política económica, la cual atenta contra el crecimiento y las condiciones de pago. El gobierno mexicano no debe recurrir a la deuda externa, como algunos sugieren, pues el país no genera divisas suficientes para asegurar el pago de la deuda. México no tendrá condiciones para hacer frente a ello dada la caída de nuestras exportaciones, así como la entrada y la salida de capitales.

En un contexto de crisis, los recursos con que cuenta la economía no deben canalizarse al pago de la deuda externa, sino al combate de los problemas. Es mejor declarar la moratoria de la deuda externa que seguir pagando, pues sería a costa de disminuir la inversión, lo que producirá una contracción de la actividad económica, aumentará el desempleo y restringirá los ingresos que las empresas entregan a los trabajadores y, por lo tanto, se ahondará la incapacidad de pago de la deuda.

Es claro que los problemas no se resuelven con la moratoria. Moratorias y reestructuraciones de la deuda externa hemos tenido, sin que se evite el crecimiento de la deuda y los subsecuentes problemas de insolvencia. Ello obliga a modificar la dinámica de acumulación para no depender de la deuda externa. Hay que impulsar condiciones endógenas de acumulación, aumentar el componente nacional de las exportaciones y sustituir importaciones, para reducir el déficit de cuenta corriente y los requerimientos de entrada de capitales.

A manera de conclusión

La presente crisis es la más severa de los últimos 90 años, lo que exige romper con las políticas económicas que la generaron. Se requiere subordinar lo financie-

ro en favor del pleno empleo y del sector productivo, así como instrumentar políticas de la magnitud requerida para superar los problemas actuales, que permitan retomar la dinámica económica.

El problema es que el sector bancario-financiero y el gran capital nacional e internacional que se han favorecido por las políticas predominantes se oponen a todo cambio. La crisis generará movilizaciones y confrontaciones para que la política económica responda a las demandas del gran capital, o bien a los propósitos nacionales de freno a la pandemia, de crecimiento económico sustentable, de pleno empleo y de distribución del ingreso. La correlación de fuerzas entre unos y otros determinará el comportamiento de la economía en los próximos años.

Agradecimientos

El presente trabajo se inscribe en el proyecto de investigación PAPPIT IN305419, "Libre comercio vs. proteccionismo: sus consecuencias sobre el crecimiento y las variables macroeconómicas", de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Arturo Huerta González

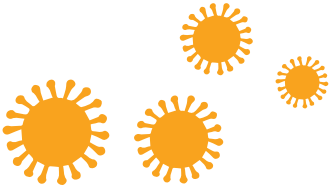
Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México.

ahuerta@unam.mx

Lecturas recomendadas

- Goodhart, C. A. E. (1995), *The Central Bank and the Financial System*, Reino Unido, MacMillan Press.
- Mitchell, W. (2014), "Direct central bank purchases of government debt", *Modern Monetary Theory*. Disponible en: <<http://bilbo.economicoutlook.net/blog/?p=29140>>, consultado el 26 de julio de 2020.
- Mitchell, W., L. R. Wray y M. Watts (2019), *Macroeconomics*, Reino Unido, Red Globe Press.
- Monga, C. (2020), "The Misguided War on Global Value Chains", Project Syndicate. Disponible en: <<https://www.project-syndicate.org/commentary/covid19-misguided-war-on-global-value-chains-by-celestin-monga-2020-05?barrier=accesspaylog>>, consultado el 26 de julio de 2020.
- Wray, L. R. (2012), *Modern Money Theory. A Primer on Macroeconomics for Sovereign Monetary Systems*, Reino Unido, Palgrave MacMillan.

Guadalupe Terán Pérez, Yoaly Arana Lechuga y Javier Velázquez Moctezuma



Cambios en el sueño y la salud mental por el aislamiento social durante la pandemia de COVID-19

Al margen de los graves problemas de salud originados directamente por el contagio del coronavirus, en la pandemia que se enfrenta las medidas de aislamiento social han provocado alteraciones en la salud mental y trastornos de sueño en un porcentaje significativo de la población. Una vez identificados estos efectos en las personas, es necesario que sean atendidas en el corto plazo.





Antecedentes

Desde los primeros reportes a finales de diciembre de 2019 provenientes de la ciudad de Wuhan, en China, acerca de un nuevo virus altamente contagioso y con una tasa importante de letalidad, la población mundial se puso en alerta en distintos grados. Gracias a los especialistas de la Universidad Johns Hopkins, la información en tiempo real de la velocidad de dispersión del contagio del virus se puso a disponibilidad de todo el mundo. La alerta generada obligó a la gran mayoría de los países del orbe a tomar medidas de enorme repercusión socioeconómica, como el distanciamiento social y el confinamiento de la población en sus hogares, con una movilidad extraordinariamente limitada que varió en cada lugar.

En México, las medidas de aislamiento se fueron anunciando conforme la ola de contagio se difundía y nuestro país entraba a la llamada Fase 2, cuando hay un aumento en el número de personas infectadas y ya no es posible determinar el origen de los contagios. La Fase 2 fue declarada el 24 de marzo de 2020, con indicaciones claras por parte de las autoridades respecto al distanciamiento social, junto con la advertencia y definición de los grupos poblacionales de alto riesgo, principalmente adultos mayores, cardiopatas, diabéticos, obesos e inmunodeprimidos.

La extraordinaria condición de enclaustramiento del presente año tiene un antecedente ligero en 2009, a propósito de la epidemia de influenza que se vivió entonces. Sin embargo, el confinamiento duró unos cuantos días y no fue tan estricto como el actual.

Se ha visto que las condiciones de aislamiento implican un cambio en la rutina diaria y provocan, en muchos casos, una alteración de nuestro **ritmo circadiano** pues, al no contar con sincronizadores sociales y laborales, muchas personas van desplazando el horario de acostarse y de levantarse, además de modificar sus hábitos alimentarios, lo que contribuye a la alteración del ciclo de vigilia. Por otro lado, las limitaciones de la movilidad implican una importante reducción de la actividad física, misma que impacta en la cantidad de energía que se consume. Como una consecuencia adicional, esto disminuye la presión o necesidad de sueño, determinante para dormir cada noche.

Mientras que en México apenas se declaraba la entrada a la Fase 2, en la literatura científica aparecieron ya los primeros reportes de que las condiciones de ais-

lamiento social tenían un impacto significativo en la generación de alteraciones de la salud mental y del sueño, tan relevantes que pueden acarrear repercusiones graves para la salud y calidad de vida de los sujetos. Según un reporte temprano proveniente de China —que para finales de marzo ya tenía más de 80 000 infectados y varias semanas de aislamiento—, la salud mental y el sueño empezaban a dar muestras de desequilibrio. En un estudio basado en más de 7 000 encuestados, llevado a cabo durante la primera quincena de febrero, los autores Yeen Huang y Ning Zhao (2020) reportaron un aumento del trastorno de ansiedad generalizado de cerca de 35% de los participantes, así como una incidencia de 20% de síntomas depresivos y 18% de alteraciones del sueño de diversa índole. Estos cuadros de ansiedad se presentaron con mayor frecuencia en las personas jóvenes y se encontró una clara relación con el tiempo que pasaban en el día revisando información acerca de la pandemia. Si dedicaban más horas, incrementaba la incidencia de ansiedad. Por otro lado, los trabajadores de la salud mostraron ser los más sensibles para presentar una muy deficiente calidad de sueño: cerca de 25% presentaba una pobre calidad de sueño, según el Índice de Calidad de Sueño de Pittsburgh.



Restricción de sueño

Por lo que respecta a la relación entre las alteraciones del sueño y la calidad de vida de los sujetos, en las últimas décadas se ha acumulado una gran cantidad de estudios que indican con toda claridad que la falta de un sueño suficiente y restaurador es la principal causa del deterioro de la calidad de vida y, lo que es más preocupante, del incremento del riesgo de presentar una enfermedad sistémica grave.

En México, la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (Ensanut) realizada en 2016 incluyó preguntas relacionadas con los hábitos de sueño de la población. Los resultados son realmente alarmantes. Del análisis se puede desprender que cerca de 20 millones de mexicanos duermen menos de 7 horas diarias. Según el consenso de la Academia Americana de Medicina del Sueño y la Sociedad de Investigación del Sueño de Estados Unidos de América, que data de 2015, este dato ubica a la población encuestada en un riesgo mayor de contraer una enfermedad grave, como depresión, síndrome metabólico, problemas cardiovasculares y cáncer, entre

Ritmo circadiano

Oscilación de distintas variables biológicas y conductas que suceden en un periodo de aproximadamente 24 horas.



Apnea obstructiva de sueño

Pausa en la respiración con duración de 10 segundos o más por una obstrucción de la vía aérea superior.

otras. Adicionalmente, la Ensanut señala que más de 19 millones de mexicanos están en grave riesgo de presentar **apnea obstructiva de sueño**, padecimiento que afecta de forma dramática la calidad de sueño y la vida del paciente. Para terminar, la encuesta indica que más de 13 millones de mexicanos reportan tener insomnio. De los datos anteriores se desprende que 75% de la población encuestada presenta algún grado de restricción de sueño, condición para la cual, en los últimos años, se han acumulado evidencias acerca del gran deterioro y la mala calidad de vida que produce.

Quienes han estudiado los efectos de la restricción de sueño indican que desde las primeras 24 horas de privación total de sueño aparecen cambios tanto hormonales como conductuales. Tal vez el ejemplo más representativo de esto son los estudios realizados en voluntarios sanos y jóvenes que, después de una noche de privación total de sueño, presentan por la mañana un incremento de grelina, hormona promotora del hambre. Cuando a estos sujetos privados de sueño se les permite ir de compras por alimentos, eligen significativamente más calorías y alimentos con mayores contenidos de grasa. Si esta restricción de sueño se prolonga en el tiempo, se facilitará la aparición de signos de sobrepeso y obesidad, factores que, de continuar presentes, desencadenarán la presencia de diabetes y síndrome metabólico. De hecho, en un metaanálisis publicado en 2016, se con-

Hipersomnolencia patológica

Somnolencia excesiva incapacitante que sucede en situaciones que requieren nuestra atención y afecta nuestras actividades.

cluye que la restricción de sueño es un factor facilitador de la presentación de diabetes, tan importante como los factores hereditarios, alimentarios o conductuales que habitualmente se exploran en la consulta médica.

En otra línea de estudios enfocados en buscar la correlación entre la restricción de sueño y los cambios conductuales, pudo observarse, por medio de resonancia magnética nuclear, que los sujetos privados de sueño por 24 horas no presentan la activación ante estímulos amenazantes que normalmente se observa en la zona cerebral conocida como la ínsula anterior, lo cual sí sucede en individuos que han dormido adecuadamente. Lo anterior apoya la idea de que la privación de sueño modifica significativamente la conducta de los sujetos desde las primeras 24 horas.

Otra línea de investigación muy productiva ha sido el estudio de personas a las que se les permite un reducido tiempo en cama, que va desde 4 hasta 6 horas, durante 3 semanas. Estos sujetos son analizados diariamente en cuanto a su capacidad para resolver retos que valoran su atención, memoria, concentración, entre otras capacidades relacionadas con la cognición social. Los resultados claramente demuestran un deterioro significativo desde los primeros días de la prueba.

Adicionalmente, lo que se observa en otros estudios realizados en residentes de medicina –quienes habitualmente presentan **hipersomnolencia patológica**– es que



pierden habilidades básicas para su desempeño, las cuales van desde el deterioro motor hasta la pérdida de los sentimientos de empatía hacia los pacientes y el incremento de conflictos en su entorno laboral y social.

Por tanto, hoy día es claro que la restricción de sueño provoca un significativo deterioro en las capacidades de quien la padece y, lo que es más grave para la situación que nos ocupa, su estado de ánimo se alterará y se incrementarán los conflictos en su entorno. En una condición de enclaustramiento como la que nos obliga llevar la pandemia actual, la restricción de sueño puede ser la causa de conflictos en el círculo familiar, mismos que fácilmente escalan a situaciones más comprometedoras. En México, diferentes fuentes reportan que durante las semanas de aislamiento se ha presentado un crecimiento significativo de las manifestaciones de violencia contra las mujeres, aunque los niños no quedan excluidos.

Resultados preliminares

En nuestro grupo de investigación hemos comenzado a analizar las condiciones de sueño y de salud mental como consecuencia del enclaustramiento promovido por las autoridades. Este análisis inicial se llevó a cabo a partir de una encuesta por internet, realizada en las primeras semanas de distanciamiento social y disminución de la movilidad, que en México comenzaron oficialmente el 24 de marzo de 2020, aunque en algunas ciudades el confinamiento empezó un poco antes.

En esta encuesta, llevada a cabo entre el 28 de marzo y el 18 de abril, se obtuvieron respuestas de 1 203 personas que voluntariamente accedieron a contestar los cuestionarios. Entre estos últimos se incluyó el Índice de la Calidad de Sueño de Pittsburgh, así como otras pruebas que nos permiten detectar la presencia de síntomas de ansiedad o depresión. A continuación, exponemos algunos de los resultados.

- En la autovaloración subjetiva que los participantes hicieron en cuanto a la duración de su sueño, más de 63% de los encuestados respondieron que en el último mes habían dormido 6 horas o menos por día (véase la Gráfica 1).
- En otra pregunta relacionada con la calidad de sueño, 50.5% calificó su dormir en el último mes como “malo” y “bastante malo”. Este dato es muy significativo si lo comparamos con el 28.4%

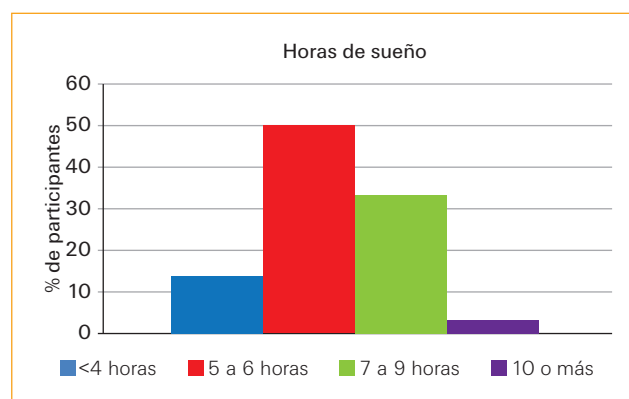
que reportó en la Ensanut dormir menos de 7 horas.

- En cuanto a los datos relacionados con la presencia de insomnio, 66.1% de los sujetos indicaron dificultades para conciliar el sueño en la primera media hora, entre 1 y más de 3 veces por semana. Cabe señalar que la **latencia a sueño** ideal se considera entre 10 y 20 minutos (véase la Gráfica 2).
- Adicionalmente, 60.5% reportó haberse despertado durante la noche o en la madrugada, sin poder volver a conciliar el sueño, entre 1 a más de 3 veces por semana.

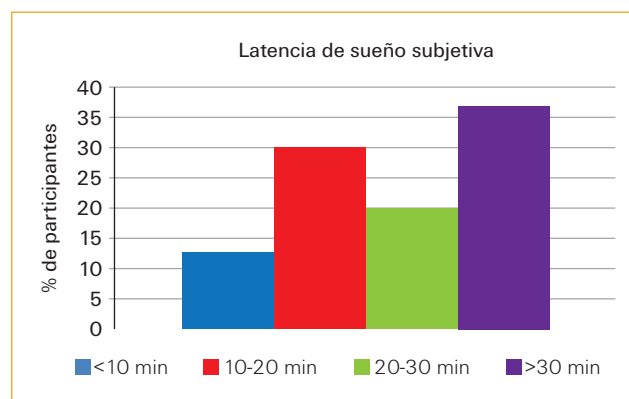
Latencia a sueño

Tiempo que tarda una persona en conciliar el sueño desde el momento en que está acostada y lista para dormir.

Tanto la latencia prolongada para conciliar el sueño como el incremento de despertares durante la noche, o el despertar de madrugada sin poder volver a conciliar el sueño, son datos que sugieren con mucha fuerza que los



Gráfica 1. Horas de sueño en el último mes. Se presenta el porcentaje de encuestados y el número de horas que durmieron por noche. Elaboración propia.



Gráfica 2. Latencia para conciliar el sueño en el último mes. Se presenta el porcentaje de encuestados y la latencia promedio en minutos. Elaboración propia.



sujetos están padeciendo insomnio en cualquiera de sus modalidades, lo cual, sin lugar a duda, repercute en un deterioro de la calidad de vida y el estado de ánimo de las personas.

Para quienes conocen los efectos nocivos de la restricción de sueño, este dato es sumamente preocupante, sobre todo si sumamos las condiciones tan especiales que implican el enclaustramiento y el aislamiento social.

Otro de los aspectos que se ha visto modificado es la sobreexposición a los dispositivos electrónicos. En el estudio preguntamos a los encuestados cuántas horas al día pasan frente a una pantalla (celular, televisión, consola de videojuegos, tableta, computadora, etcétera); el promedio de uso diario es de 6 horas ± 2 . Este dato se correlaciona de forma negativa con la calidad de sueño; es decir, a mayor tiempo de uso de los dispositivos electrónicos durante el día, se reporta peor calidad de sueño. Además, 65% de los encuestados llevan a cabo esta actividad primordialmente justo antes de intentar dormir, lo que podría estar condicionando el incremento de la latencia para conciliar el sueño. Cabe recordar que la luz que emiten los dispositivos se ubica, en su mayoría, dentro del espectro con una mayor concentración de luz azul. La exposición a esta luz antes del sueño no permite que se libere melatonina, una neurohormona secretada por la glándula pineal como respuesta a la oscuridad y responsable de la sincronización de varios ritmos circadianos.

Por otra parte, hemos señalado que la restricción de sueño se acompaña, entre otras muchas manifestaciones, de cambios en el estado de ánimo que con gran frecuencia tornan al sujeto en una persona irritable. En condiciones de limitación de la movilidad, aislamiento social y hacinamiento, las circunstancias se vuelven muy delicadas para la adecuada interacción del grupo o la familia, por lo que la evidencia del incremento de denuncias por violencia doméstica se puede explicar por esta restricción de sueño.

Es importante mencionar que la mayoría de las personas que respondieron la encuesta son del género femenino. Por tanto, los resultados son consecuentes con diferentes estudios previos que señalan que las alteraciones del estado de ánimo, la ansiedad e incluso los trastornos de sueño de tipo insomnio son más frecuentes en las mujeres. Una de las causas puede ser la carga laboral y el cuidado de la casa y la familia, que por lo general tiene un mayor peso para ellas, así como el incremento de la violencia de género que se ha reportado.

En lo que se refiere a los resultados relacionados con la salud mental, 48% de los encuestados reportaron síntomas que sugieren un trastorno de ansiedad generalizada, mientras que 39% de los participantes reportaron depresión. Ambos datos sugieren que hay un deterioro significativo de la calidad de vida e indican que las medidas de enclaustramiento, con mucha frecuencia, no se dan en las condiciones mínimas necesarias para conservar la ecuanimidad y las relaciones armónicas entre los integrantes del grupo o la familia. Los resultados en extenso de este estudio fueron enviados para su publicación en la revista *Sleep Medicine*.

Recientemente se reportaron resultados similares a partir de un estudio realizado en Italia, entre marzo y abril, con una muestra mayor de 2 291 personas, también encuestadas por internet. Conforme al Índice de la Calidad de Sueño de Pittsburgh, los resultados obtenidos indican igualmente un deterioro de la calidad de sueño en la autoevaluación de los participantes; 57.1% de las personas reportaron una pobre calidad de sueño. Como causa principal de este deterioro del sueño, el estudio señala a la presencia de ansiedad, aunque ésta sólo se manifiesta en 32% de los encuestados.

Conclusión

■ La humanidad entera enfrenta un fenómeno de características inéditas. Poder estar observando en tiempo real cómo se propaga por todo el mundo una infección altamente contagiosa y con una considerable letalidad, causada por un virus poco conocido, ha generado en la población respuestas relacionadas con la incertidumbre y el peligro latente. La reacción generalizada de los gobiernos ha sido promover el confinamiento de las personas, lo cual tampoco es una situación inocua. La falta de interacción social y el exceso de exposición al internet y a los dispositivos electrónicos actuales generan desequilibrios en la fisiología cerebral que se han de manifestar como alteraciones de los ritmos circadianos, deterioro de la calidad de sueño e incremento de manifestaciones de condiciones mentales relacionadas con la ansiedad y la depresión. Adicionalmente, un alto porcentaje de la población también enfrenta serias dificultades para solventar su aprovisionamiento cotidiano, lo que obliga a muchas personas a salir a buscar el sustento para sus familias en condiciones de poca seguridad.

Ante esta situación en extremo adversa, podríamos concluir, a partir de los estudios recientes, que uno de los procesos que más se alteran durante los periodos de confinamiento es el sueño; por un lado, asociado a los hábitos, horarios y actividades, pero también relacionado con la alteración que el aislamiento y la incertidumbre generan. Además de la preocupación por nuestra salud, economía y el futuro próximo, se suman los cambios en nuestro estado de ánimo.

Cabe señalar que, dadas las relaciones recíprocas ampliamente detalladas entre el sueño y el sistema inmunológico, el riesgo de infección de cualquier índole se verá incrementado en las personas que experimentan restricción de sueño. Para la amenaza de la presente pandemia no existe ni vacuna que la prevenga ni medicamento que la cure. Por lo tanto, dependemos significativamente del buen estado de nuestro sistema inmunológico para que, en la eventualidad de encontrarse con el virus, tenga la capacidad de responder adecuadamente y producir la respuesta antivírica que lo neutralice. Esto solamente se logra con un sueño de calidad que mantenga todos los sistemas de respuesta en condiciones óptimas. Por ello, en esta situación de pandemia debemos impulsar la detección temprana para resolver las alteraciones de sueño, como condición indispensable para contar con una respuesta inmunológica adecuada.

Guadalupe Terán Pérez

Centro de Sueño y Neurociencias.
gteran_s@hotmail.com

Yoaly Arana Lechuga

Centro de Neurofisiología, Hospital ABC Santa Fe.
yoalysoph@hotmail.com

Javier Velázquez Moctezuma

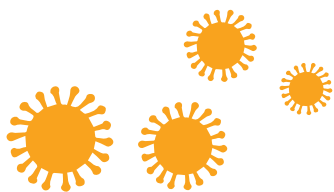
Clínica de Trastornos de Sueño, Universidad Autónoma Metropolitana.
velazquezmoctezuma@gmail.com



Lecturas recomendadas

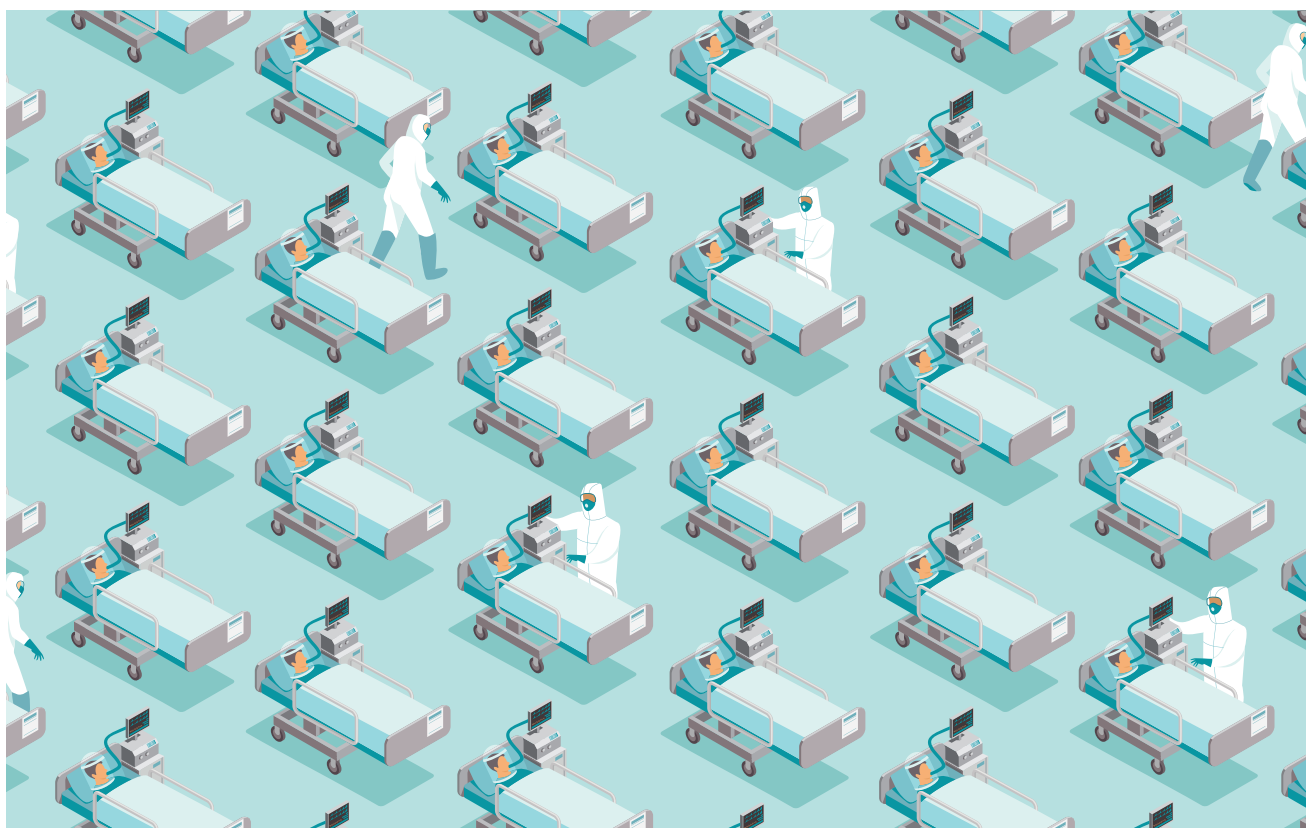
- Anothaisintawee, T., S. Reutrakul, E. van Cauter y A. Thakinkian (2016), "Sleep disturbances compared to traditional risk factors for diabetes development: Systematic review and meta-analysis", *Sleep Medicine Reviews*, 30: 11-24.
- Casagrande, M., F. Favieri, R. Tambelli y G. Forte (2020), "The enemy who sealed the world: Effects quarantine due to the COVID-19 on sleep quality, anxiety, and psychological distress in the Italian population", *Sleep Medicine* (pre-proof). Disponible en: <doi.org/10.1016/j.sleep.2020.05.011>, consultado el 1 de julio de 2020.
- Guerrero-Zúñiga, S., E. B. Gaona-Pineda, L. Cuevas-Nasu, L. Torre-Bouscoulet, M. Reyes-Zúñiga, T. Shamah-Levy y R. Pérez-Padilla (2018), "Prevalencia de síntomas de sueño y riesgo de apnea obstructiva del sueño en México", *Salud Pública de México*, 60:347-355.
- Huang, Y. y N. Ning Zhao (2020), "Generalized anxiety disorder, depressive symptoms and sleep quality during COVID-19 outbreak in China: a web-based cross-sectional survey", *Psychiatry Research*, 288:112954. Disponible en: <doi.org/10.1016/j.psychres.2020.112954>, consultado el 1 de julio de 2020.
- Yu, B., A. Steptoe, K. Niu, P. W. Ku y L. J. Chen (2018), "Prospective associations of social isolation and loneliness with poor sleep quality in older adults", *Quality of Life Research*, 27(3):683-691.

Marcos A. Capistrán, Antonio Capella y J. Andrés Christen



Modelos matemáticos predictivos y pronósticos de demanda hospitalaria por brotes epidémicos de COVID-19

El modelado de la pandemia de COVID-19 es un reto en distintas áreas: sanitarias y científicas. El desarrollo de modelos matemáticos debe estar basado en preguntas concretas que consideren explícitamente sus alcances, limitaciones y la incertidumbre asociada al fenómeno. Presentamos un modelo para hacer pronósticos probabilísticos de la presión hospitalaria con base en casos detectados y decesos.



Introducción

La COVID-19 es una infección zoonótica emergente que nos presenta un reto a largo plazo. En todo el mundo hay numerosos equipos de investigación que monitorean con cuidado el desarrollo de la respuesta inmune de los enfermos activos. No obstante, la comprensión de la comunidad científica especializada respecto a qué grupos de la población tienen un peor pronóstico en caso de contraer la COVID-19 cambia rápidamente.

Está bien establecido que hay un gran número de casos asintomáticos o con infección leve, mientras que el riesgo de padecer la forma grave de la enfermedad es más alto para las personas mayores y para aquellas con afecciones crónicas subyacentes (comorbilidades). La correlación del riesgo con la edad es una característica compartida con la epidemia del síndrome respiratorio agudo grave (SARS) de 2003 y podría deberse a que los jóvenes tienen una menor susceptibilidad a la infección, una menor probabilidad de presentar la enfermedad a pesar de estar infectados, o bien una combinación de ambas razones. Por otra parte, se sabe que, por su condición médica, las personas con hipertensión, obesidad o diabetes tienen un mayor riesgo de manifestar la forma grave de la COVID-19 y de fallecer. Todo lo anterior nos muestra que la pandemia causada por el virus SARS-CoV-2 es muy asimétrica; la carga viral, el grado de respuesta inmune y la duración de la inmunidad en los diversos tipos aparentes de infección han mostrado tener una alta complejidad y lo seguro sería decir que al respecto en este momento quedan más preguntas que respuestas.

Caracterizar al virus SARS-CoV-2, describir la dinámica y sintomatología de la enfermedad, encontrar tratamientos efectivos para minimizar la morbilidad, las secuelas o la mortalidad y, por supuesto, desarrollar una vacuna efectiva son retos científicos y médicos de enorme importancia, sin los cuales no se percibe una salida real de la crisis que estamos viviendo. En tanto, el aumento en la presión sobre los sistemas públicos de salud en la mayoría de los países, con el riesgo de saturación y desbordamiento de las instalaciones hospitalarias, puede acrecentar la mortalidad debido a la falta de una atención adecuada. Todo esto es un reto para los gobiernos y su capacidad logística, con enormes consecuencias sociales y humanas a corto plazo, en especial durante el primer brote de la pandemia. Asimismo, los demás actores de la sociedad tienen la responsabilidad de contribuir a atender este problema dentro de sus capacida-

des y ámbitos de acción. En este sentido, la comunidad científica tiene el ineludible compromiso de aportar su conocimiento y habilidades para proveer información nueva y herramientas útiles que permitan combatir la emergencia actual.

El desarrollo de modelos matemáticos para calcular algún parámetro relevante que permita caracterizar al virus SARS-CoV-2 o a la enfermedad COVID-19 y la generación de escenarios o predicciones con base científica respecto a la evolución del brote epidémico, representan dos de los aspectos para los cuales las ciencias, y en particular las matemáticas, disponen de herramientas adecuadas para contribuir a la atención del problema. El objetivo es hacer predicciones o **inferencias** científicamente sólidas de una realidad física que nos permitan tomar decisiones informadas. Por predicciones o inferencias científicamente sólidas debe entenderse el hacer pronósticos de algún fenómeno o cantidad de interés, con base en teorías científicas que describan los procesos generales subyacentes y las observaciones que representan el conocimiento adquirido por medio de mediciones. El desarrollo de los modelos matemáticos a usar debe estar guiado por preguntas que establezcan claramente sus alcances y limitaciones. Una vez cumplida su función, o ante la evidencia de pérdida de su efectividad, los modelos deben ser reconsiderados y superados.

Inferencia

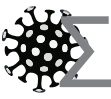
El conjunto de métodos y técnicas que permiten inducir, a partir de la información empírica proporcionada por una muestra, cuál es el comportamiento de una determinada población con un riesgo de error medible en términos de probabilidad.



Los modelos matemáticos y los procesos de la ciencia predictiva

“Los modelos no deben ser presentados como una verdad científica [*per se*]” (Jewell y cols., 2020). En cambio, son herramientas que pretenden un propósito específico, como evaluar o pronosticar algún aspecto particular de un fenómeno bajo ciertas condiciones. Los modelos matemáticos son abstracciones de la realidad que representan el fenómeno físico de forma parcial. En la mayoría de los casos, los modelos matemáticos tienen parámetros que se deben calibrar para acercarlos al sistema concreto que se quiere describir; sin embargo, típicamente estos parámetros sólo se conocen de forma parcial, pueden variar en cada caso concreto y tienen asociada una incertidumbre inherente a los procesos de medición.

De manera ideal, los modelos deben desarrollarse de acuerdo con los procesos de la ciencia predictiva. Una vez definidas las preguntas con las cuales se genera un modelo, es necesario definir las cantidades de interés



para las cuales se construye el modelo. Especificar cuáles son las cantidades de interés es fundamental para la posterior verificación y validación del modelo. Cabe mencionar que un modelo puede ser perfectamente válido para simular algunos aspectos del fenómeno y al mismo tiempo puede ser inadecuado para otros. Antes de preguntarse sobre la validez de un modelo se debe especificar qué cantidades se desean pronosticar, predecir o inferir y bajo qué escenarios se planea hacer esa predicción. El desarrollo, la validación y la verificación de un modelo deben hacerse en torno a las cantidades de interés relevantes para responder a las preguntas planteadas.

Proceso de discretización

La aproximación de un objeto matemático definido en todo punto del tiempo o el espacio, por otro definido en un número finito de puntos.

Una vez desarrollado el modelo matemático, éste se implementará en algún sistema de cómputo. Esto añade a las aproximaciones del modelo matemático, las aproximaciones y los errores inherentes al **proceso de discretización** o aproximaciones matemáticas utilizadas. Sobre estas aproximaciones se debe llevar a cabo un proceso de verificación diseñado para detectar y controlar los errores que puedan poner en entredicho el cálculo de las cantidades de interés, además de identificar errores en la implementación del *software* creado para el modelo.

Después de la verificación teórica, se deben calibrar los parámetros del modelo. El objetivo es acercarse a la realidad física o al caso concreto que se desea simular. Algunos de estos parámetros se postulan a partir de la literatura existente o de experimentos independientes; otros deberán ser inferidos a partir de las mediciones hechas en el sistema concreto a modelar.

A este tipo de problemas se les conoce como problemas inversos; es decir, dadas ciertas mediciones del sistema se busca inferir los parámetros. Por lo general, los problemas inversos están “mal planteados” (en el sentido matemático del término), esto es, su solución no es única. Para resolverlos se deben hacer algunos supuestos a partir de contar con una mayor cantidad de datos del fenómeno o información de tipo metodológico, lo cual permita acercarse más al modelo a las observaciones. La teoría estadística de **inferencia bayesiana** ha demostrado ser muy útil y eficaz para resolver los problemas inversos y cuantificar la incertidumbre de las soluciones.

Por su parte, la validación es un proceso diseñado para construir confianza en las predicciones del modelo. Además, es necesario para verificar la legitimidad del modelo y la precisión de los pronósticos. Idealmente, se

deben considerar experimentos bien diseñados que permitan verificar la capacidad del modelo para reproducir los resultados del experimento. No obstante, por lo general, este proceso es complicado, ya que las cantidades de interés no siempre son accesibles a la observación directa. Para determinar si los experimentos invalidan la capacidad del modelo para predecir una cantidad en particular, el modelador debe tomar en cuenta tanto la tolerancia entre las predicciones y las observaciones como el impacto de éstas en las cantidades de interés y las preguntas que dieron lugar al desarrollo del modelo.

En todos los pasos anteriores el modelador tomó decisiones que deben examinarse a la luz de los procesos de verificación y validación. La revisión de los supuestos metodológicos y científicos con los que se validó el modelo, así como la verificación y validación, son fundamentales para evaluar sus alcances y limitaciones. Esto es uno de los productos básicos de los procesos de la ciencia predictiva que deben promoverse entre la comunidad científica. Sin embargo, es importante notar que un modelo no puede ser completamente verificado; únicamente se puede construir confianza sobre su capacidad predictiva o descartarse debido a su incapacidad de predecir las cantidades de interés o de contestar las preguntas planteadas.



La calibración de un modelo como problema inverso y la cuantificación de incertidumbre

Las herramientas computacionales que en la actualidad tenemos disponibles han dado un enorme empuje al paradigma bayesiano para resolver los problemas inversos. Una de las principales ventajas de este paradigma de inferencia consiste en su capacidad de entender y tomar en cuenta la incertidumbre, tanto en las mediciones como en las predicciones y otros resultados. Las cantidades que se desean inferir se modelan como variables aleatorias, las cuales se caracterizan por **distribuciones de probabilidad**. Estas últimas reflejan la incertidumbre sobre los parámetros, la cual proviene de distintas fuentes: lo que conocemos *a priori* de los parámetros que se quieren inferir, el ruido en las observaciones que se usan para la inferencia, los errores de modelación del modelo teórico y sus aproximaciones numéricas, entre otras. Las inferencias son siempre condicionales, tanto a los datos que tenemos como a los diferentes supuestos del modelo.

Inferencia bayesiana

Método de inferencia estadística basado en actualizar la probabilidad de una hipótesis usando nueva evidencia mediante el teorema de Bayes.

Distribuciones de probabilidad

Es la función matemática que asigna una probabilidad de ocurrencia a los diferentes posibles resultados de un experimento.



El modelo de alguna epidemia, como el que presentamos aquí, basado en la **ley de acción de masas** y a **tiempo continuo** mediante el empleo de ecuaciones diferenciales, tiene una diversidad de aspectos teóricos idealizados que, en el ejercicio de modelación, quedan como parámetros. Para algunos de estos parámetros contamos con suficiente información para dejarlos fijos en un valor (por ejemplo, el tiempo promedio de residencia para los individuos convalcientes fuera de la unidad de terapia intensiva). Sin embargo, para otros parámetros tal vez no contamos con información para fijarlos, o bien dependen en sí mismos de los datos específicos con los que en ese momento se cuenta. Es entonces cuando debemos inferir dichos parámetros con algún procedimiento estadístico.

La estadística bayesiana, como explicamos arriba, asume a los parámetros desconocidos como variables aleatorias y basa la inferencia en la distribución de probabilidad condicionada a los datos observados; esto se conoce como la distribución posterior. Comúnmente, el cálculo de dicha distribución posterior se hace mediante el teorema de Bayes. Sin embargo, para poder calcular las probabilidades de interés para obtener predicciones, es necesario implementar métodos de Montecarlo (en este caso, Markov Chain Monte Carlo o MCMC) para obtener una simulación **estocástica** de dicha distribución posterior y, a partir de ésta, establecer proyecciones del modelo. Las proyecciones del modelo son probabilísticas y esto es lo que cuantifica la incertidumbre en nuestra inferencia.

Para poder entender y cuantificar de manera creíble la incertidumbre en un proceso complejo de inferencia, es necesario construir un modelo matemático de la dinámica involucrada con componentes por primeros principios, fenomenológicos, etcétera. Construir confianza en el modelo, en el ámbito teórico, es fundamental pero no suficiente para hacer pronósticos en situaciones específicas. Para esto, se debe ir más allá y hacer un esfuerzo para entender y modelar el ambiente estocástico del fenómeno considerando la incertidumbre inherente y epistemológica (puede ser, por ejemplo, por falta de información) para hacer inferencias y predicciones de las cantidades de interés en cuestión. La estadística bayesiana provee una teoría para hacer inferencias en este escenario de fenómenos y modelos complejos. Sin manejar la incertidumbre de manera metodológicamente coherente no es posible hacer pronósticos creíbles y, en última instancia, entender el entorno.

La cuantificación de incertidumbre (UQ, por sus siglas en inglés), entendida en este sentido como la inferencia probabilística en los modelos complejos, vive necesariamente en la intersección de la teoría y la práctica de la modelación matemática, el análisis numérico, la estadística bayesiana y la simulación estocástica. Sin la unión consistente y experta de estas disciplinas, no es posible usar los modelos complejos en presencia de datos para producir predicciones (probabilísticas) confiables.



Un modelo para pronosticar la demanda hospitalaria

El modelo ama-1 se construyó con el objetivo de proveer pronósticos probabilísticos a mediano plazo (varias semanas) de la presión hospitalaria debida a la COVID-19. Esta presión hospitalaria se aterriza en la demanda de camas de hospital y de unidades de terapia intensiva (UTI) para soporte respiratorio o ventilación mecánica. Adicionalmente, el modelo es capaz de estimar la fecha del primer pico de mayor intensidad de la curva epidémica (acmé), siempre y cuando se mantengan constantes la tasa de contagio y la población efectiva que participa en la epidemia. Durante un brote epidémico como el de COVID-19, el seguimiento de las medidas de distanciamiento es desigual; una parte de la población reduce a tal grado sus contactos que la probabilidad de infectarse es esencialmente cero y, por lo tanto, no participa de forma

Ley de acción de masas

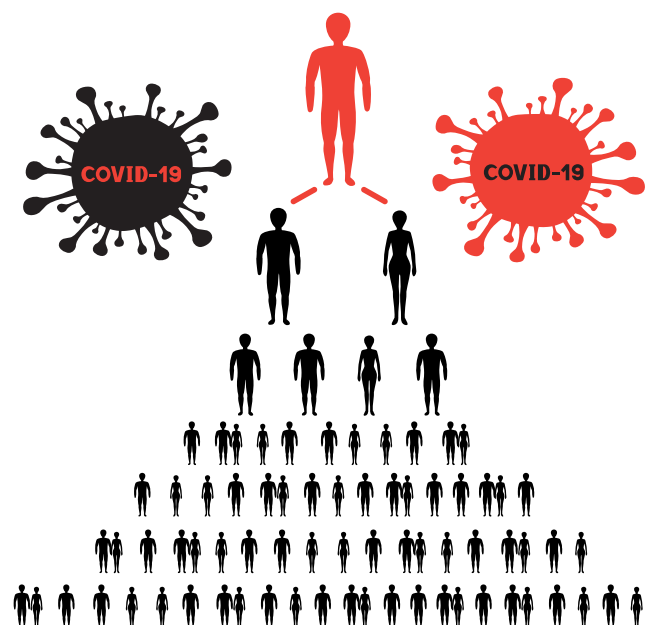
Base de los modelos epidemiológicos de cajas. Dice que la tasa a la cual una enfermedad se propaga es proporcional al número de individuos susceptibles por el número de individuos infecciosos. Esta misma idea es usada en los modelos de reacciones químicas.

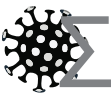
Tiempo continuo

Que tiene un valor en cualquier instante de tiempo. Métodos de Montecarlo: método computacional para la solución aproximada de problemas matemáticos, basado en la simulación en computadora de procesos aleatorios.

Estocástica

Que está determinado aleatoriamente.





efectiva en el brote epidémico. La otra parte de la población que no está en dicha situación es la que corresponde a la población efectiva que participa en la epidemia.

Para hacer nuestros pronósticos utilizamos los registros de casos confirmados de ingreso hospitalario y decesos. En el modelo empleamos el enfoque bayesiano para los problemas inversos como una herramienta matemática natural para investigar la evolución de la pandemia y proporcionar pronósticos útiles para la toma de decisiones en los sistemas de salud. No obstante, el modelo tiene limitaciones. Dado que la infección asintomática no se ha caracterizado completamente, es imposible pronosticar la fracción de la población que habrá estado en contacto con el virus al final del brote actual. El modelo tampoco considera los efectos de **granularidad**, percepción de riesgo de los individuos o eventos de superdispersión en la fuerza de infección. Estos efectos son más notorios después de alcanzar el acmé y, por lo tanto, la capacidad predictiva en este periodo disminuye. Asimismo, en su versión actual, el modelo no es capaz de estimar la presión hospitalaria ante rebotes o cambios en la tasa de ataque.

El modelo ama-1 se compone de tres elementos fundamentales: 1) un **modelo dinámico compartimental de tipo susceptible, expuesto, infectado, recuperado y deceso (SEIRD)**, como los que típicamente se emplean en epidemiología; 2) la elección de parámetros postulados e inferidos, y 3) un modelo de inferencia bayesiana. Tomados por separado, estos tres elementos no son suficientes para hacer pronósticos del brote epidémico, pero en conjunto sí.

El modelo dinámico

Como **proxy** de la presión hospitalaria, las cantidades de interés en nuestro modelo son: la evolución de la demanda de camas de hospital no UTI y de camas UTI/soporte respiratorio. En distintos lugares se han propuesto modelos dinámicos similares. Para estimar las cantidades de interés desarrollamos un modelo SEIRD de compartimentos que describe con detalle la dinámica hospitalaria en varios compartimentos específicos (véase la Figura 1). Dado que las distribuciones reales de tiempos de espera en cada caja no son exponencialmente decrecientes, dividimos cada compartimento en subcompartimentos que nos permiten describir explícitamente los tiempos de espera con distribuciones de probabilidad Erlang.

Granularidad

Escala o nivel de detalle presente en un conjunto de datos o fenómeno. Modelo dinámico compartimental tipo SEIRD: modelo epidemiológico en el que se asume que un individuo puede estar en un único estado o compartimento y transitan a lo largo del tiempo entre estos estados de acuerdo con la evolución de la enfermedad. En términos generales, los estados del modelo son: susceptible (S), expuesto (E), infectado (I), recuperado (R) y deceso (D); sin embargo, se pueden incluir otras cajas para modelar aspectos específicos de la enfermedad.

Proxy

Una aproximación, sustitución o valor de referencia de trabajo de una cantidad durante un cálculo.

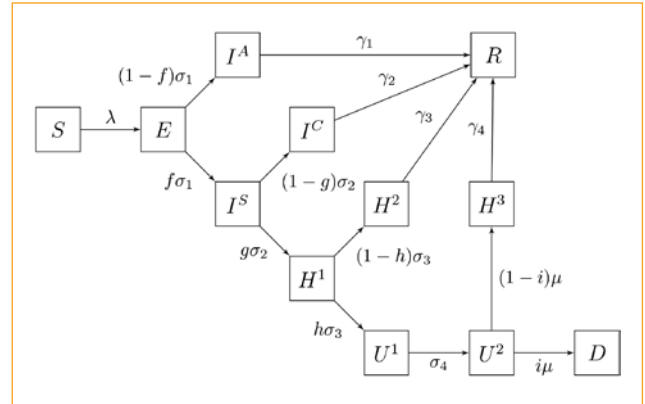


Figura 1. Modelo compartimental tipo SEIRD.

El modelado correcto de estos tiempos de espera es fundamental para la simulación del fenómeno.

Nuestro modelo dinámico es el que se muestra en la Figura 1. Una vez que los individuos susceptibles (S) se infectan, permanecen en el compartimento de incubación (E) durante un tiempo medio de $1/\sigma_1$ días (es decir, con una tasa de residencia de σ_1). En este caso y más adelante, la tasa de residencia se refiere a la velocidad con la que cada individuo transita el compartimento correspondiente. Después del periodo de incubación, los individuos expuestos se vuelven infecciosos y una proporción de éstos (f) se vuelven sintomáticos (I^S), con síntomas lo suficientemente graves como para ir a un hospital; en tanto que los casos restantes presentan síntomas leves o son asintomáticos (I^A). Estos últimos permanecen infecciosos y con capacidad de transmitir la enfermedad un tiempo medio de $1/\gamma_1$ días y finalmente se recuperan. Por otro lado, para los casos sintomáticos suponemos que después de un tiempo promedio de $1/\sigma_2$ días, una proporción (g) de individuos infectados necesitará hospitalización (H^1), mientras que el resto (I^C) recibirá atención ambulatoria y se recuperará después de un tiempo de convalecencia promedio de $1/\gamma_2$ días en cuarentena.

Los pacientes hospitalizados permanecen en promedio $1/\sigma_3$ días hasta que una fracción (h) necesita medidas respiratorias asistidas o atención en la UTI, por ejemplo, con ventilación mecánica (U^1). La fracción restante ($1-h$) de pacientes hospitalizados (H^2) se recupera después de un promedio de $1/\gamma_3$ días. Los pacientes con asistencia respiratoria o en UTI permanecen en ese estado un promedio de $1/\sigma_4$ días, hasta que se alcanza un día crítico, cuando una proporción de ellos (i) morirá (D) y



la proporción restante $(1-i)$ se recuperará (H^3) después de un periodo promedio de $1/\gamma_4$ días.

Para finalizar, la fuerza de infección (λ) depende únicamente de los individuos con síntomas leves o asintomáticos (I^A) y de los sintomáticos (I^S), ambos responsables de la propagación de la infección; es decir:

$$\lambda = \frac{\beta_A I^A + \beta_S I^S}{N_{\text{eff}}}$$

donde β_A y β_S son las tasas de contacto de individuos con síntomas leves o asintomáticos y sintomáticos, respectivamente. El modelo dinámico se puede escribir con un sistema de 38 ecuaciones diferenciales ordinarias no lineales; para su solución, además de fijar los valores de los parámetros, se deben definir las condiciones iniciales del sistema.

Elección de los parámetros

El modelo que presentamos tiene dos tipos de parámetros que deben ser calibrados o inferidos: los relacionados con la enfermedad COVID-19 o la dinámica de hospitalización (como los tiempos de residencia y las proporciones de individuos que se dividen en cada bifurcación del modelo) y los relacionados con la respuesta social a las medidas de mitigación, tales como son las tasas de contacto (β) y el número efectivo de individuos susceptibles (N_{eff}) al comienzo de un brote. Algunos de estos parámetros pueden estimarse a partir de los registros hospitalarios, encontrarse en la literatura reciente o inferirse de los casos reportados y decesos. Sin embargo, algunos siguen siendo en gran parte desconocidos. De estos últimos tenemos la tasa de ataque (es decir, el número efectivo de individuos susceptibles al comienzo de un brote) y la fracción $(1-f)$ de infecciones con síntomas leves o asintomáticas.

Debido al seguimiento desigual de las medidas de distanciamiento social entre la población, la tasa de ataque es menor que la población total. Por otro lado, dado que la infección asintomática aún no ha sido completamente caracterizada, no conocemos f . En la literatura se reportan valores que van desde 5% hasta 75%. Afortunadamente, logramos demostrar que, para nuestro modelo, los valores individuales de f y de N_{eff} no son importantes, pues existe un efecto confundido entre ellos y los pronósticos únicamente dependen del producto de

$f \times N_{\text{eff}}$. Esto es interpretable a partir de un diagrama; el producto de $f \times N_{\text{eff}}$ acota o estima la cantidad de personas con síntomas lo suficientemente graves como para ir a un hospital. Este número, que según nuestras estimaciones es alrededor de 5% de la población total, está bien identificado y su sesgo se mantiene constante. Como mencionamos más arriba, los tiempos de residencia (σ , γ) y las probabilidades de transición (g , h , i) están descritos en la literatura a partir de los registros de hospitalizaciones.

Dado que nuestras cantidades de interés están relacionadas con la presión hospitalaria, elegimos, entre los datos disponibles para modelar la evolución del brote epidémico, dos fuentes de información para el modelo de observación: 1) los pacientes confirmados por COVID-19 registrados en hospitales, con o sin hospitalización (A), y 2) los pacientes fallecidos (B). Incluso ante un brote, estos datos son información coherente y sistemática sobre el flujo de entrada (A) y el flujo de salida (B) que “acorrala” a la dinámica hospitalaria.

Sesgo

Diferencia entre el promedio observado y un valor de referencia.

Inferencia bayesiana

El impacto de las estrategias locales para la aplicación de pruebas para COVID-19 debe analizarse en función de la región de interés. En México, las pruebas han sido relativamente bajas pero consistentes. Los pacientes son evaluados cuando llegan a un hospital con probables síntomas de la COVID-19 y se realizan relativamente pocas pruebas en otros casos; es decir, la mayoría de los casos confirmados se limita a (A), como se describió anteriormente. Por lo tanto, usando (A) y (B) hacemos la inferencia de los parámetros restantes del modelo; a saber, la tasa de contagio y las condiciones iniciales del sistema. Es fundamental estimar estas últimas para acercar el modelo a la dinámica real.

Con el fin de modelar las intervenciones de distanciamiento social, incluimos puntos de cambio para la tasa de contacto. Estas tasas son independientes y se estiman antes y después del día de la intervención como nuevos parámetros en la inferencia. Adicionalmente, el modelo se debe aplicar en zonas metropolitanas donde la hipótesis de la ley de acción de masas sea válida. Por lo anterior, no realizamos simulaciones para todo el país, ya que, debido a la restricción de movilidad vigente después de las medidas de distanciamiento social, la epidemia se divide en brotes separados en las aproximadamente 70 zonas metropolitanas del país.

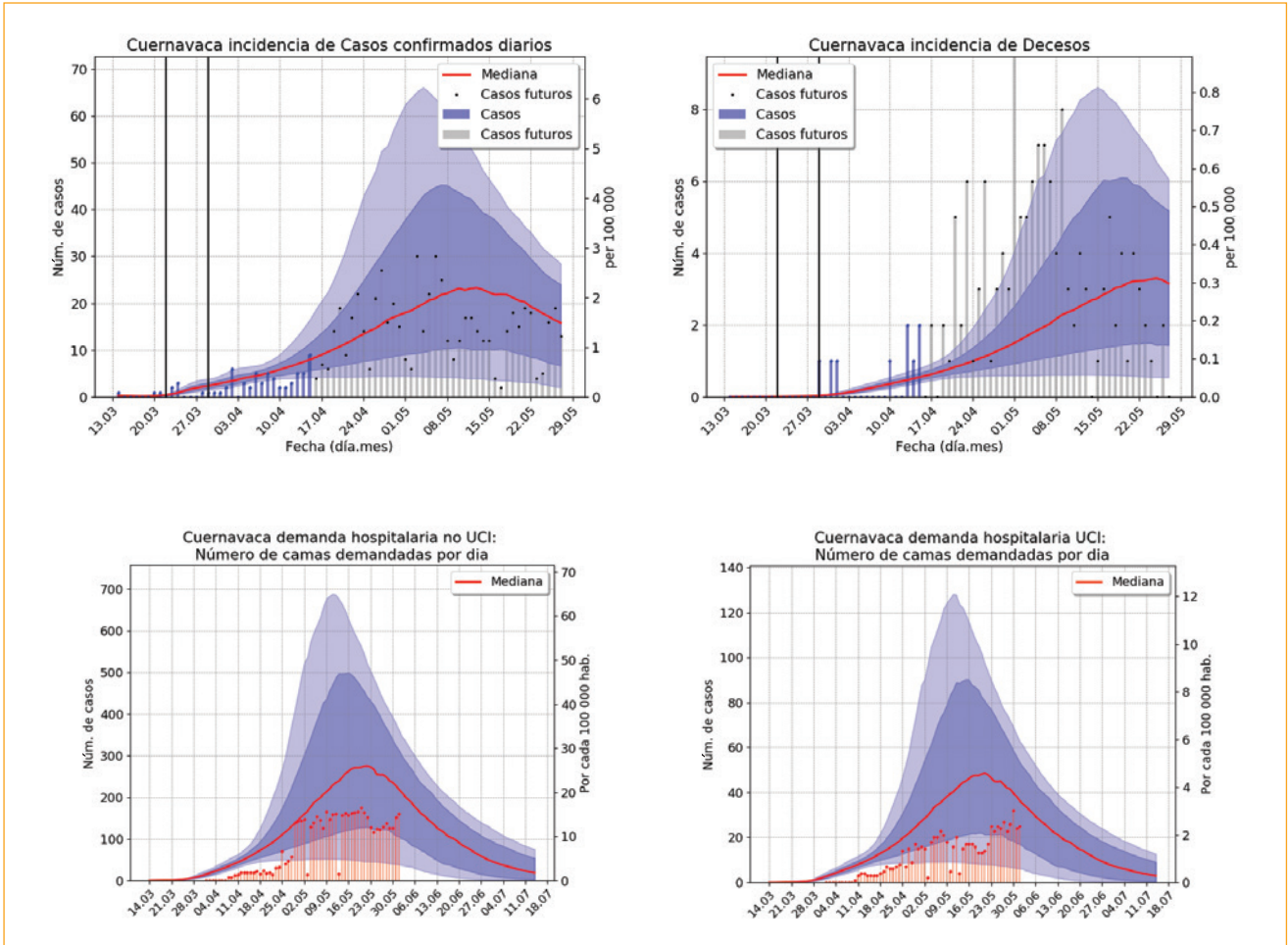


Figura 2. Pronósticos retrospectivos del modelo para Cuernavaca realizados con datos hasta el 15 de abril de 2020. Las barras azules representan los datos usados en la inferencia; las barras grises, los datos hasta el 27 de mayo; las barras rojas, los datos de ocupación hospitalaria. Las líneas verticales negras indican el inicio de las medidas de distanciamiento social el 22 de mayo y la fecha en que se acumularon 10 casos; esto se utilizó para marcar el inicio de la transmisión comunitaria en este modelo. Las regiones azules (oscuro y claro) representan las regiones de probabilidad de 60% y 90% para la evolución del sistema, respectivamente. La línea roja representa la mediana de las predicciones.

Como mencionamos, utilizamos un método genérico de Markov Chain Monte Carlo. Cada zona metropolitana estudiada lleva alrededor de 30 minutos de ejecución en una computadora de 2 GHz (véase la Figura 2). Toda la implementación la desarrollamos desde cero (empezamos a mediados de marzo) en el lenguaje Python 3.

Conclusiones

Con el modelo desarrollado pudimos poner en claro cómo la epidemia en México se compone de brotes epidémicos regionales a distintas velocidades,* los cuales

dependen del inicio de la transmisión comunitaria y del seguimiento de las medidas de distanciamiento social. Logramos hacer un pronóstico probabilístico, con varias semanas de anticipación, sobre la presión hospitalaria regional. Este insumo fue fundamental en los planes de contingencia para atender las necesidades de salud en las distintas zonas metropolitanas.

Durante el desarrollo de la pandemia de COVID-19, hemos aprendido que en casi todos los países del mundo hay una segunda tasa de ataque de la enfermedad debido a que los pacientes ambulatorios reciben instrucciones de convalecer en casa, con lo cual se exponen sus familiares y otros individuos con quienes comparten la vivienda. Es razonable decir que esto da lugar a cúmulos (*clusters*) de infección que caracterizan la resolución es-

* Véanse los reportes en: <<https://coronavirus.conacyt.mx/proyectos/ama.html>>.

paciotemporal de la pandemia, por lo cual se determina que, después del **acmé**, hay una caída lenta en el número de casos en muchas áreas metropolitanas. Una nueva versión del modelo de la pandemia en México debe tomar en cuenta este fenómeno al estimar la segunda tasa de ataque, además de los puntos de cambio en la tasa de contacto, los cuales son determinados por los cambios de las políticas públicas, por ejemplo, respecto al cierre o la apertura de escuelas.

Como expusimos anteriormente, el modelo desarrollado tiene sus limitaciones; sin embargo, cumplió en buena medida su objetivo principal: pronosticar la necesidad de camas de hospital en las distintas zonas metropolitanas y estados del país. Una de las limitaciones en el desarrollo del modelo fue el tiempo, su urgencia; debimos encontrar un balance entre refinar aún más el modelo (por ejemplo, por grupos edad) o entregar pronósticos oportunos.

La comunicación de los alcances y las limitaciones de los modelos es fundamental para que su uso sea el adecuado. Si no se comunican bien, las interpretaciones no informadas pueden llevar a conclusiones erróneas y a la toma de decisiones equivocadas. En la vida académica es usual que las conclusiones del trabajo científico no impliquen consecuencias más allá del debate de ideas, pero en situaciones como la de esta pandemia todas las estimaciones, proyecciones o con-

clusiones que la comunidad emita deben realizarse con responsabilidad debido a las consecuencias que implican. Una lección de estos tiempos para la comunidad científica debería ser la necesidad de tener equipos calificados y con la capacidad de respuesta para proveer soluciones reales a problemas urgentes. Debemos establecer objetivos claros, intelectualmente honestos y realistas, que ayuden a mitigar alguno de los aspectos nocivos de la crisis que vivimos. Esta pandemia apenas empieza y no será la última.

Marcos A. Capistrán

Centro de Investigación en Matemáticas, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

marcos@cimat.mx

Antonio Capella

Instituto de Matemáticas, Universidad Nacional Autónoma de México.

capella@im.unam.mx

J. Andrés Christen

Centro de Investigación en Matemáticas, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

jac@cimat.mx

Lecturas recomendadas

Capistrán, M. A., A. Capella y J. A. Christen (2020), "Forecasting hospital demand during COVID-19 pandemic outbreaks". Disponible en: <<http://arxiv.org/abs/2006.01873>>.

Hethcote, H. W. (2000), "The Mathematics of Infectious Diseases", *SIAM Review*, 42(4):599-653.

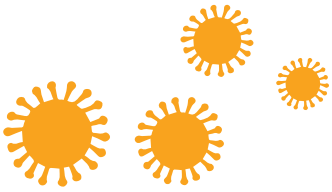
N. P. Jewell, J. A. Lewnard y B. L. Jewell (2020), "Predictive Mathematical Models of the COVID-19 Pandemic: Underlying Principles and Value of Projections," *JAMA*, 323(19):1893-1894. Disponible en: <doi.org/10.1001/jama.2020.6585>, consultado el 10 de julio de 2020.

Oden, J. T., R. Moser y O. Ghattas (2010), "Computer predictions with quantified uncertainty, part I," *SIAM News*, 43(9):1-3.

Saltelli, A. *et al.* (2020), "Five ways to ensure that models serve society: a manifesto. Pandemic politics highlight how predictions need to be transparent and humble to invite insight, not blame", *Nature*, 582:482-484.

Urbach, P. y C. Howson (1993), *Scientific Reasoning: The Bayesian Approach*, Chicago, Open Court.

Wilhelm Hansberg



¿La pandemia nos cambió el futuro?

La experiencia con la COVID-19 en distintos países deja tareas pendientes para los sistemas de salud pública y para mitigar los efectos económicos del confinamiento individual. La pandemia nos recordó que somos parte de la naturaleza y que no podemos escapar de ella; no debemos regresar a la normalidad anterior, sino procurar un cambio en nuestra sociedad que sea respetuoso con el planeta.



La entrada

Los virus surgieron junto con las primeras células. Los seres vivos coexisten con los virus que los infectan y de esta manera van desarrollando diferentes mecanismos de inmunidad. Debido a que los humanos hemos alterado el hábitat de prácticamente todos los organismos del planeta, se ha favorecido el paso de los virus de una especie a otra. Así, la humanidad ha padecido epidemias causadas por virus que hemos adquirido de otros animales de manera fortuita (véase en este número el artículo de Juan Pedro Lalette y José Luis Morán López).

Las epidemias del síndrome respiratorio agudo severo (SARS) en 2003 y del síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS) en 2012, así como otros brotes de enfermedades virales en este siglo, fueron avisos muy claros de lo que podría pasar con una pandemia como la actual, ocasionada por el SARS-CoV-2. En la Organización Mundial de la Salud (OMS) había conciencia de que muchos países no estaban preparados para enfrentar una pandemia de un virus altamente contagioso que ocasionara una mortandad cercana a 1%. Los múltiples sistemas de inteligencia en Estados Unidos de América también advirtieron desde hace años sobre las posibles consecuencias de una emergencia sanitaria con estas características. Así, en 2012 la corporación Rand, en un informe sobre los posibles peligros que pudieran destruir la vida al estilo americano (*American way of life*), advirtió que el riesgo más inminente era una pandemia, la cual era virtualmente inevitable, aunque no se podía prever cuándo ocurriría ni qué tan severa sería.

No obstante estos avisos, los sistemas de salud pública se fueron desmantelando en muchos de los países occidentales: en 1980 Francia disponía de 11 camas de hospital por cada mil habitantes, pero en la actualidad no tiene más que 6; ese mismo año Italia contaba con 9 camas destinadas a los “casos graves” por cada mil habitantes, ahora tiene sólo 3; en 1970 Estados Unidos de América tenía 8 camas por cada mil habitantes, y en 2016 pasó a tener 3, de acuerdo con los datos de la OMS.

Antes de la pandemia, México contaba solamente con 1.5 camas por cada mil habitantes. Para enfrentar el pico de la curva de infección por el SARS-CoV-2, se tuvieron que instalar a todo vapor 1 800 camas para enfermos graves en la Ciudad de México y 8 000 camas de terapia intensiva en todo el país. También faltaban 200 000 médicos generales y especialistas, así como 350 000 enfermeros, por lo que se tuvo que contratar a

44 000 trabajadores de la salud para enfrentar la emergencia. Además, los médicos en el país se encuentran concentrados en las grandes ciudades y no hay personal en algunas áreas rurales. Por otra parte, con la descentralización de los servicios de salud, éstos se fragmentaron y se perdió la visión general de Estado de los servicios médicos en el país, de acuerdo con la información de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), ya que cada estado de la República hizo lo que consideró adecuado: en algunas entidades federativas se infló el presupuesto del Seguro Popular y se gastó el dinero de manera indebida, o bien se construyeron hospitales, pero no se equiparon.

Algunos países asiáticos (China, Hong Kong [CN], Taiwán [CN], Singapur y Vietnam) que sufrieron la epidemia del SARS (2002-2004), así como Corea del Sur con el brote del MERS (2015), sí estaban preparados para otra epidemia viral. Los resultados son evidentes, pues dichos países y también Japón, Camboya y Myanmar (Birmania) controlaron la COVID-19 con bastante eficacia sin que se saturaran sus sistemas de salud. En China, Hong Kong, Taiwán, Corea del Sur y Singapur se instrumentaron aplicaciones de teléfono celular para la cibervigilancia informática, las cuales contribuyeron al control de la enfermedad. Sin embargo, este control poblacional plantea el problema de ceder al gobierno la privacidad individual y se tendrán que instrumentar maneras para cancelarlo una vez pasada la emergencia.

Por otra parte, algunos países europeos, como Italia, España, Francia y Reino Unido, reaccionaron de manera lenta ante la pandemia y fueron poco efectivos en el control de la enfermedad, por lo que tuvieron una saturación de los sistemas de salud y del manejo de los muertos, los cuales llegaron a más de 900 al día. En los países nórdicos, con un sistema de bienestar social más robusto, así como en Alemania, la mortandad fue mucho menor.

En el país más rico del mundo, los Estados Unidos de América (EUA), el manejo de la COVID-19 fue aún más desastroso, con más de 2 500 muertos al día. En Nueva York, que ha sido la ciudad más afectada, se saturaron los hospitales y el índice de muertos diarios reportados por COVID-19 llegó a 570. Dicho país se vio rebasado por el contagio masivo y recurrió a la piratería, mediante la confiscación de material médico que otras naciones habían adquirido para combatir la epidemia. Lamentablemente, Francia siguió este nefasto ejemplo. Además, en lugar de fortalecer la autoridad de la OMS, cada

nación ha seguido distintas normas para detectar el virus y contabilizar los contagios y sus muertes. Esto se refleja en un exceso de fallecimientos que no se atribuyeron a la COVID-19 en París, Madrid, Lombardía, Países Bajos, Nueva Jersey, Estambul y Yakarta, lugares en donde se ha podido hacer dicha estadística. Para rematar, el país que más contribuía para sostener a la OMS –EUA– decidió interrumpir su apoyo y salirse de la institución en plena crisis de salud global.

En resumen, la privatización de la salud impuesta en muchas naciones ha sido un enorme negocio para las cadenas de hospitales privados, las aseguradoras y las farmacéuticas, pero ha descubierto a una enorme proporción de la población que no tiene seguro médico o que depende de los sistemas de salud pública que fueron desmantelados, con la previsible inoperancia en la actual pandemia que saturó los servicios médicos y funerarios. Esta lamentable situación propició el miedo a la infección y, con ello, comportamientos tipo “sálvese quien pueda”, tanto de los gobiernos, que cerraron sus fronteras y se arrebataron los recursos para combatir la emergencia, como de la población en general, que recurrió a las compras de pánico e incluso a realizar actos de violencia en contra de las personas que consideraron como posibles fuentes de contagio, incluido el personal médico y de enfermería.

La salida

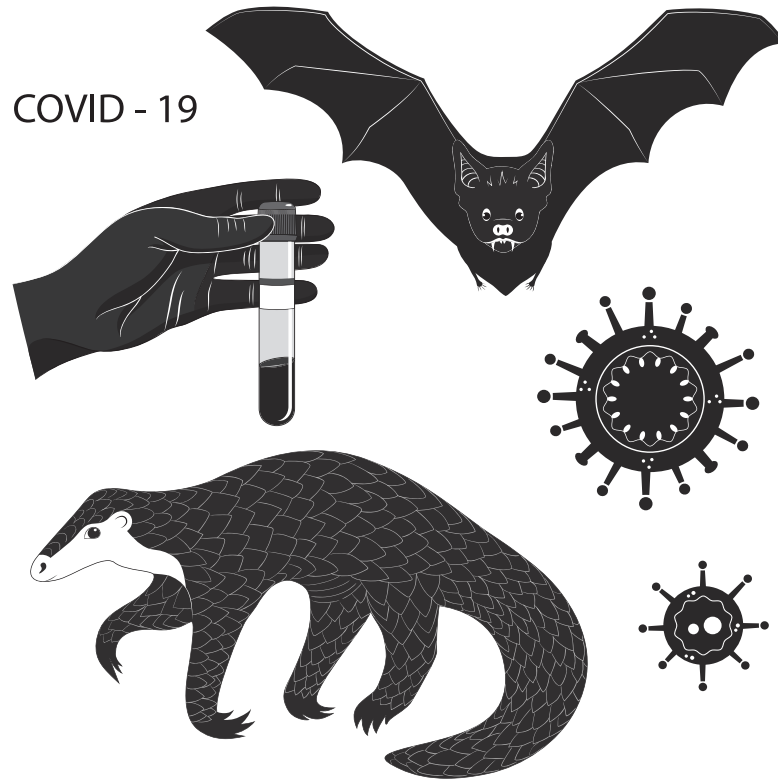
■ Una enfermedad viral está limitada en el tiempo, ya que las personas se van haciendo inmunes al virus y hay una parte de la población que es susceptible y muere. Por otro lado, los médicos van adquiriendo experiencia en tratar la COVID-19 y pueden intervenir cada vez más rápido y con mayor efectividad. Cabe esperar que el virus será endémico y en poco tiempo habrá tratamientos y probablemente también vacunas para controlar su propagación año con año.

Sin embargo, el riesgo de otra pandemia viral seguirá latente y será inevitable. Esto quiere decir que debemos fortalecer y mejorar los sistemas de salud pública. Requerimos contar con suficientes camas de hospital, médicos generales y especialistas, así como servicios de enfermería. Por otro lado, necesitamos tener preparadas una serie de medidas que permitan amortiguar una contingencia, tales como el hospital que se construyó en Wuhan en 10 días y se desmontó una vez controlada la emergencia.

Algo fundamental es reducir el riesgo para la población sensible mediante un programa de educación para convencer a las personas sobre la importancia de tener una alimentación sana y hacer ejercicio. Es inaceptable que hayamos permitido que la industria alimentaria en México cambiara en pocas décadas la dieta de la población mediante el consumo de productos con alto contenido de grasas, azúcares y sal, con la consecuente tendencia a desarrollar obesidad, diabetes, arterosclerosis e hipertensión. Según la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018, los niños de 5 a 11 años consumen una gran cantidad de alimentos azucarados y, como consecuencia, 35.6% de ellos tienen sobrepeso u obesidad. En el grupo de personas de 20 años o más, 75.2% tiene sobrepeso u obesidad y 10.3% es diabético. En el grupo de adultos mayores (70-79 años), 26.7% tiene hipertensión. Todo esto se podría corregir con una educación adecuada, como se ha hecho con el consumo del tabaco, que según dicha encuesta entre 2012 y 2018 se redujo de 19.9% a 11.4% en la población adulta.

La mala salud se refleja en la esperanza de vida de los mexicanos, la cual no ha aumentado en los últimos 17 años, ya que era de 75.12 años en 2003 y de 74.99 años en 2018, según datos del Banco Mundial. La mortalidad prematura se debe a enfermedades cardiovasculares (19%), diabetes (15%), cáncer (11%) y a la enorme tasa de homicidios, que es la quinta causa de muerte en México, la cual ha aumentado 3.5 veces de 2007 a 2019, según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi).

Es importante regular y cambiar el sistema alimentario agroindustrial en el mundo, sobre todo en cuanto a la producción pecuaria y, en particular, las granjas de puercos y pollos, que son una bomba de tiempo para la aparición de un nuevo brote de una enfermedad viral. Por cuestiones de mercado hemos adoptado la costumbre de consumir carne todos los días, algo que no requerimos y que va en contra de nuestra salud. La industria mundial de la carne –tanto de ganado como de peces–, además del confinamiento cruel de los animales, suministra antibióticos a los individuos sanos de manera consuetudinaria. Esta situación se ha reconocido en todo el mundo como un peligro enorme debido a la aparición de cepas bacterianas resistentes a los antibióticos. Se calcula que para el 2050 habrá 10 millones de muertes al año de pacientes con infecciones de cepas bacterianas resistentes a los antibióticos.



Asimismo, se requiere controlar los mercados de animales vivos y el manejo de éstos con el fin de evitar las zoonosis. Se ha propagado la idea de que el SARS-CoV-2 provino de un mercado de mariscos de Wuhan que también vendía animales vivos. Si bien es cierto que algunos de los contagiados en diciembre pasado están relacionados con ese mercado, el origen del virus posiblemente es anterior, a finales de noviembre, y no es descabellado pensar que haya surgido en las granjas de cerdos, o que esté relacionado con el comercio ilegal de animales silvestres como el pangolín.

Repercusiones económicas del confinamiento

■ Haber disminuido de manera importante la actividad económica en muchos países para controlar el contagio de la COVID-19 ha traído enormes consecuencias. En México tenemos que considerar a la población que vive en condiciones de pobreza, a los desempleados por la pandemia (más de 1 millón), que se suman a los 7 millones actuales, y el hecho de que 55% de la fuerza laboral está en el mercado informal. La gran mayoría de las personas en México vive al día. Adicionalmente, las remesas, que son la entrada principal de divisas al

país, seguramente disminuirán debido a la enorme cantidad de despidos en EUA: 43 millones de trabajadores, de los cuales 2 millones son hispanos.

En esta contingencia, 30 millones de familias mexicanas se han visto en una situación económica difícil. Si se transfirieran 10 000 pesos al mes por familia por al menos dos meses de contingencia se requerirían 600 000 millones de pesos. En algo han ayudado las pensiones a los adultos mayores, las becas a los jóvenes y los créditos a las microempresas, pero no es suficiente. Si cada uno de los servidores públicos donara su aguinaldo ayudaría también, pero no alcanzaría para cubrir ni siquiera un mes de subsidio a las familias necesitadas. Además de la ayuda monetaria a dichas personas, se requiere generar más empleos estables y tener un seguro de desempleo o un ingreso básico universal.


La deuda del país rebasa los 12 billones de pesos y el servicio de la deuda es de unos 700 000 millones al año. Sería deseable negociar con los acreedores para que se pospusiera el pago de ese servicio por unos 12 meses y se buscara la manera de refinanciar la deuda a fin de que fuera menos onerosa. También sería importante renegociar la deuda inconstitucional del Fobaproa-IPAB, que actualmente ronda los 2 billones de pesos y de

la cual se han pagado ya 700 000 millones por los intereses.

Por otro lado, los recursos monetarios que tenían las empresas y los ciudadanos mexicanos en los bancos de EUA en enero pasado ascendía a 76 166 millones de dólares. Sólo en el mes de marzo salieron del país otros 83 300 millones de dólares, además de la salida de 12 300 millones de dólares de los inversionistas internacionales. Por la pandemia, México ha perdido unos 2.2 billones de pesos con la consecuente devaluación de la moneda nacional.

Está claro que el movimiento de capitales es un factor de inestabilidad en las economías de países como el nuestro. Se requiere acordar a nivel internacional un impuesto que frene hasta cierto grado el movimiento de capitales. También es necesario un acuerdo para regular los paraísos fiscales, obligar a transparentar los recursos depositados en éstos y simultáneamente instrumentar una política general de repatriación de capitales para que se paguen los impuestos que correspondan. Éstas deberían ser consecuencias económicas generales a raíz de la pandemia por COVID-19. Para conocer planteamientos económicos específicos, véase el artículo de Arturo Huerta en el presente número de *Ciencia*.

 **El futuro**

 Somos parte de la cultura judeocristiana colonizadora, racista y clasista que ha dominado una gran parte del

mundo. El estilo de vida depredador y explotador, tanto de otros individuos considerados inferiores como de la naturaleza, ha sido promovido activamente por todo el planeta. Dicha cultura se basa en la idea primitiva de que una tribu, un pueblo, una raza o una especie biológica puede disponer de la naturaleza a su antojo e incluso modificarla a su conveniencia. A diferencia de otros pueblos, que se sienten parte de la naturaleza y entienden que cuidar de ella es necesario para su supervivencia, nuestra cultura nos ha hecho sentir que somos algo aparte. El virus y la pandemia nos demuestran que somos parte de la naturaleza y que no podemos escapar de ella.

El confinamiento de la mitad de la población humana ha disminuido la contaminación y le ha dado un respiro al planeta. ¿Qué pasará dentro de algunos meses después de la pandemia? ¿Volveremos a la normalidad, al ajetreo cotidiano, a la contaminación atmosférica, al ruido? Ver el cielo despejado, oír el canto de los pájaros, sentir el viento refrescante ha sido un gozo. El tiempo nos rinde más sin tener que desplazarnos por las calles abarrotadas de coches. ¿Queremos volver a la normalidad? ¿Esa normalidad de los últimos 60 años que ha provocado una crisis ecológica planetaria por la combustión de hidrocarburos y el consumo desmedido de bienes y servicios? ¡Por favor, recapitemos!

Podemos recuperarnos económicamente pagando salarios dignos, contribuyendo con los impuestos proporcionales a las ganancias, organizándonos de manera que consumamos la menor cantidad de energía posible, aho-



rrando o recolectando agua para los que no tienen, produciendo la menor cantidad de basura posible, evitando desplazarnos en auto, consiguiendo lo que necesitamos por internet, favoreciendo a las micro, pequeñas y medianas empresas, que son las que más empleo generan.

No podemos seguir pensando que el país sólo requiere crecer para salir de la pobreza. Se necesita también distribuir la riqueza. Dos mil personas poseen más riqueza que 60% de la humanidad. Según Oxfam, México es el quinto país más desigual del mundo y esto ha ido en aumento debido a que los que ganan más pagan menos impuestos (OCDE). Pensar que al país le va bien cuando sus grandes empresas son boyantes es un error, pues a la población en general le va mal. Las macroempresas no generan mucho empleo, ya que tienden a robotizar su producción.

Por otro lado, muchos negocios de las grandes compañías del país van de salida y pronto se dejarán de requerir sus productos y servicios. Las 100 empresas más grandes, con algunas pocas excepciones, se dedican a: automóviles y autopartes, hidrocarburos y plásticos, minería, bancos y aseguradoras, bebidas y comidas chatarra, tiendas de autoservicio y departamentales, televisión y telecomunicaciones. En vez de automóviles, requerimos transporte público eficiente, trenes rápidos de carga y de pasajeros; en lugar de quemar hidrocarburos, necesitamos energías limpias y renovables; el uso de plásticos se tendrá que reducir y hacer que éstos se reciclen. La minería es una industria muy contaminante, que deforesta vastas regiones, las desertifica y genera además incontables conflictos sociales; en vez de lingotes de oro en las bóvedas de los bancos y en lugar de bancos, requerimos transacciones monetarias seguras sin intermediarios (*blockchain*). En sustitución de los seguros privados, hacen falta servicios públicos efectivos de salud y de seguridad; en vez de bebidas y comidas chatarra, requerimos alimentos sanos y variados; en lugar de tiendas de autoservicio, que venden dichos productos, y de tiendas departamentales, es mejor comprarles directamente a los productores o a los distribuidores más cercanos. Debemos sustituir los programas de televisión, que idiotizan a la gente, por programas y actividades culturales de toda índole, de acceso individual mediante un sistema más eficiente de telecomunicación. Así por fin el mercado

sería libre; esto es, las personas consumirían lo que requirieran, no lo que se les imponga con la mercadotecnia, la moda y la inducción al consumo.

¿De qué depende que regresemos o no a la normalidad? Las grandes empresas optarán por regresar cuanto antes, lo cual no es otra cosa que un desastre anunciado. Dependerá del número y la organización de los individuos conscientes que rechacen dicha normalidad, propongan nuevas formas de interactuar y actúen en consecuencia. ¡Otro futuro sí es posible!

Wilhelm Hansberg

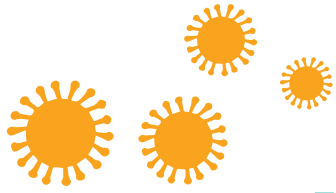
Instituto de Fisiología Celular, Universidad Nacional Autónoma de México.

whansberg@ifc.unam.mx

Lecturas recomendadas

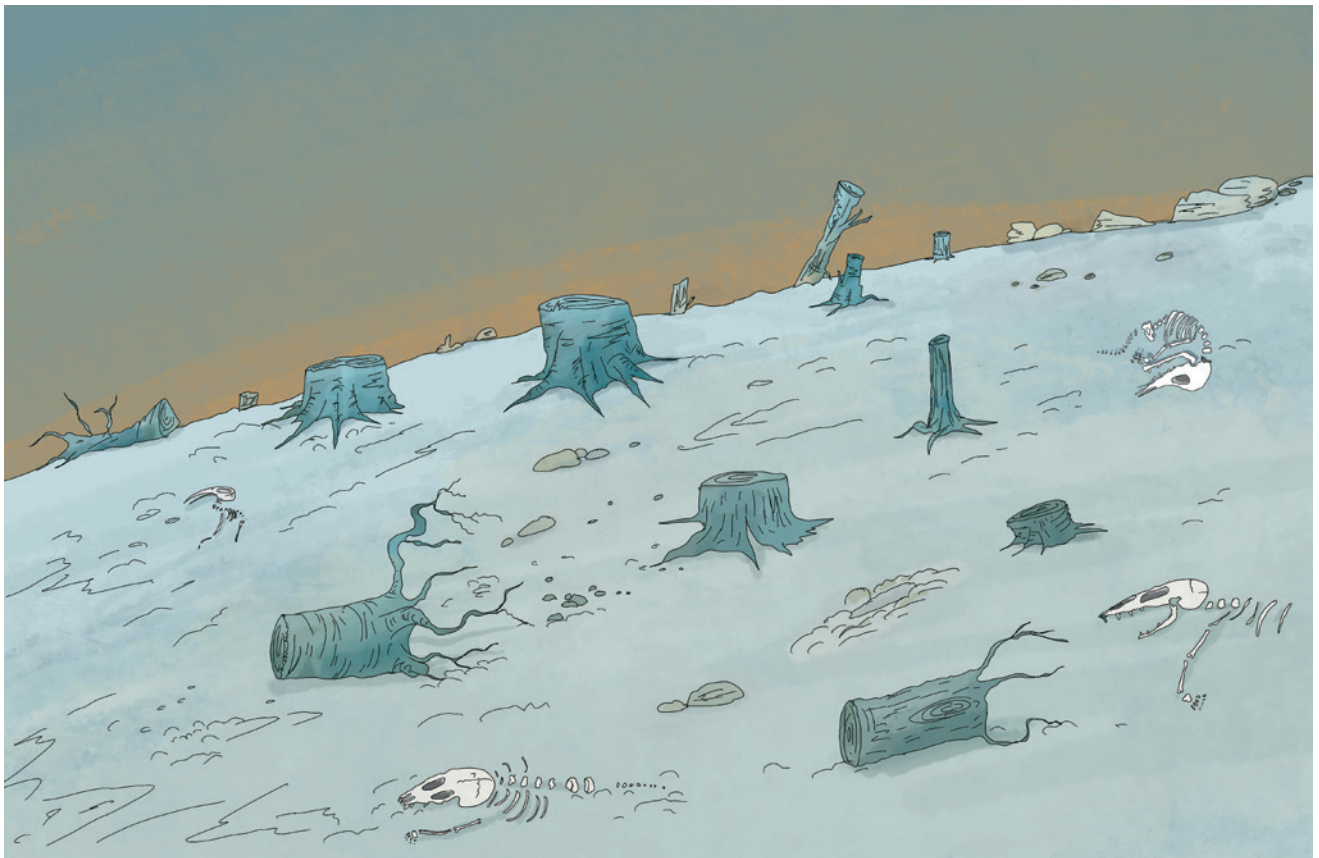
- Bátiz V., B. (2020), "Fobaproa, hora de repensar", *La Jornada*, Opinión, 13 de abril. Disponible en: <<https://www.jornada.com.mx/2020/04/13/opinion/021a1pol>>, consultado el 8 de julio de 2020.
- OCDE (2009), "1.5 disminución del índice GINI en México después de la transferencia de impuestos", *Perspectivas Económicas de América Latina 2009*. Disponible en: <<https://www.oecd.org/centrodemexico/15disminuciondelindiceginienmexicodespuesdelatransferenciadeimpuestos.htm>>, consultado el 8 de julio de 2020.
- O'Neill, J. (2016), "Tackling drug-resistant infections globally: Final report and recommendations", *Review on Antimicrobial Resistance*. Disponible en: <https://amr-review.org/sites/default/files/160518_Final%20paper_with%20cover.pdf>, consultado el 8 de julio de 2020.
- Ritchie, H., M. Roser, E. Ortiz-Ospina y J. Hasell (2020), "Excess mortality from the Coronavirus pandemic (COVID-19)", *Our World in Data*. Disponible en: <<https://ourworldindata.org/excess-mortality-covid>>, consultado el 8 de julio de 2020.
- Tendencias 21 (2015), "Análisis genómicos apoyan la idea de que los virus están vivos", *Tendencias Científicas*. Disponible en: <https://www.tendencias21.net/Analisis-genomicos-apoyan-la-idea-de-que-los-virus-estan-vivos_a41159.html>, consultado el 8 de julio de 2020.
- Treverton, G. F., E. Nemeth y S. Srinivasan (2012), "Threats Without Threateners? Exploring Intersections of Threats to the Global Commons and National Security", *Rand Corporation*. Disponible en: <https://www.rand.org/pubs/occasional_papers/OP360.html>, consultado el 8 de julio de 2020.

Perla María del Carmen Acevedo Ramírez y Elia Torres Gutiérrez



No eran nuevas... estaban escondidas: epidemias y pandemias, de la naturaleza a tu casa

Algunas enfermedades ocasionadas por agentes patógenos –por ejemplo, la COVID-19– constituyen epidemias emergentes que pueden convertirse en pandemias, como lo estamos viviendo. Éstas surgen como resultado de la estrecha convivencia con animales silvestres que se da con mayor frecuencia por el cambio climático, la sobrepoblación y la invasión y destrucción de los hábitats, entre otras razones.



Introducción

De repente nos enteramos de la aparición de enfermedades que no sabemos de dónde vinieron, cómo llegaron, cómo surgieron, y no tenemos idea de cómo actuar... Algunas son ocasionadas por agentes patógenos que ya estaban presentes en la naturaleza en animales no humanos; cuando las personas entran en contacto con ellos, los patógenos pueden tener la capacidad de infectar al ser humano. Un claro ejemplo actualmente es la COVID-19. Estas enfermedades emergentes son resultado de la estrecha convivencia con animales silvestres que se da con mayor frecuencia por el cambio climático, la sobrepoblación y la invasión y destrucción de los hábitats, entre otras razones; pueden ser muy diversas y bajo ciertas condiciones llegan a convertirse en epidemias o pandemias con terribles consecuencias biológicas, económicas y sociales, que adicionalmente provocan miedo, ansiedad y un pánico exacerbado.

Con el fin de evitar dichas emergencias, es necesario hacer un cambio drástico en la planeación de las políticas públicas para priorizar la salud y el bienestar tanto social como ambiental a largo plazo. Cada uno de nosotros, como habitantes del mundo, necesitamos exigir y promover acciones por parte de las autoridades y estar conscientes de nuestra responsabilidad de cuidar el ambiente. Si como humanidad no hacemos caso a estos avisos que nos da la naturaleza, probablemente estas enfermedades infecciosas se presentarán con mayor frecuencia.

Desarrollo

La historia de las enfermedades nuevas que saltan de la naturaleza a las poblaciones humanas podría parecer digna de una película; de repente surge una enfermedad –como un monstruo– que afecta a mucha gente, todos tratan de escapar de ella, aunque es inútil. ¿Qué es, de dónde vino, cómo se detiene? Al principio todo es un misterio y el futuro es desesperanzador. ¿Qué hacer, a dónde acudir? ¿Todos nos vamos a morir? ¿Es el fin de la humanidad?... No, sólo se trata de enfermedades infecciosas; pero si las comprendemos, podremos tener estrategias para que sus efectos no sean tan devastadores.

Actualmente nos enfrentamos a la COVID-19, una nueva enfermedad respiratoria que puede llegar a ser

mortal. Ésta inició como un brote en un lugar específico (Wuhan, China), pero al salirse de control y propagarse activamente en otras regiones, se consideró una epidemia; en el momento en que saltó a más países y comenzaron los contagios comunitarios en más de un continente se convirtió en pandemia. La rápida expansión de esta enfermedad ha generado pánico entre la población, pero a pesar de ser una respuesta natural, es necesario analizar la situación con calma.

Ésta no es la primera vez que ocurre una epidemia; a lo largo de la historia muchas han quedado registradas. Por ejemplo, una de las más importantes ocurrió en el siglo XIV: la peste bubónica, causada por la bacteria *Yersinia pestis*, con más de 50 millones de personas fallecidas. Cuando los españoles llegaron a América, trajeron la viruela (*Variola virus*), que provocó la muerte de entre 2 y 3.5 millones de nativos que no tenían defensas contra esta enfermedad. En las tres últimas décadas se han identificado enfermedades infecciosas emergentes o reemergentes causadas por: virus (VIH, Ébola, hantavirus, virus del oeste del Nilo, Zika, influenza, hepatitis B y C), bacterias (enfermedad de Lyme), parásitos (*Trypanosoma*, *Plasmodium*) y otras asociadas a **priones** (encefalopatías espongiformes).

No hace mucho, en 2009, México enfrentó una epidemia de influenza. El primer enfermo fue detectado en Veracruz y la infección pasó a otros estados en menos de un mes, al tiempo que ya había reportes de casos y decesos en la mayor parte del territorio nacional y contagios en otros países, principalmente de América, Europa y Asia, por lo que se declaró pandemia.

¿Agente etiológico?

En ocasiones no se tiene certeza de dónde surgió una enfermedad; aunque lo más probable es que el agente etiológico ya estuviera presente en la naturaleza. Sabemos que existen millones de virus, bacterias, hongos y parásitos que habitan en todas las especies animales, y gran parte de ellos no causa ninguna enfermedad; sin embargo, en un ambiente adecuado pueden entrar en contacto con otra especie, como la humana, en la que encuentran condiciones favorables para reproducirse y dañar al organismo, por lo que se convierten en el agente etiológico de una enfermedad. Por ejemplo, ahora sabemos que la enfermedad COVID-19 es causada por un coronavirus denominado SARS-CoV-2.

Prion

Proteína con alguna diferenciación que evita su funcionamiento correcto con respecto a las de su mismo tipo y que además tiene la capacidad de autorreplicarse.



¿Cómo se transmiten las enfermedades infecciosas?

Las infecciones se pueden transmitir de forma directa, esto es, de una persona a otra, o bien de manera indirecta, cuando el agente requiere ser transportado por un elemento, objeto u organismo intermediario o **vector** (véase la Tabla 1). Algunas enfermedades se pueden transmitir mediante la ingestión de alimentos mal cocinados y por tomar agua contaminada (por ejemplo, brucelosis, listeriosis y leptospirosis). En el caso de la influenza H1N1 en 2009, la transmisión ocurrió posiblemente por el contacto con cerdos, y ahora se cree que fue por el consumo de algún animal silvestre crudo.

Vector

Ser vivo que transmite un organismo patógeno de un organismo infectado a uno sano; ejemplos de ello son mosquitos, moscas, piojos, pulgas, chinches, garrapatas, etcétera.

El contacto sexual sin protección es otro mecanismo de transmisión de enfermedades. Cada año, 357 millones de personas contraen alguna infección por esta vía (como clamidiasis, gonorrea, sífilis o tricomoniasis). En el mundo, más de 500 millones de personas son portadoras del virus que provoca el herpes genital tipo 2 (HSV2) y existen más de 290 millones de mujeres infectadas con el virus del papiloma humano (VPH), factor predisponente para el desarrollo de cáncer cervicouterino.

Pero no todas las enfermedades se transmiten directamente, pues algunos agentes etiológicos necesitan ser

transportados por un vector; es decir, los transmiten organismos –casi siempre ectoparásitos (mosquitos, piojos, chinches, pulgas, garrapatas)– que al alimentarse de la sangre de un individuo infectado también se llevan los virus, bacterias o parásitos, los cuales se multiplican dentro de los vectores y posteriormente son depositados al momento de alimentarse o defecar en otro individuo sano. La presencia de estos vectores predomina en las regiones tropicales y subtropicales, particularmente en zonas rurales o marginadas con escaso acceso a servicios sanitarios (agua potable y drenaje); sin embargo, también se han registrado brotes urbanos, como piojos en la Ciudad de México o chinches en Nueva York.

¿Aparecieron de repente?

Seguramente recuerdan la famosa frase: “la materia no se crea ni se destruye, sólo se transforma”. Con los patógenos sucede algo similar, éstos no aparecen de la nada, sino que provienen de un ancestro y se transforman, o más bien evolucionan... No son enfermedades nuevas... estaban escondidas.

Una enfermedad emergente es un padecimiento del cual no se tenían antecedentes, ya sea que se haya des-

Tabla 1. Mecanismos de transmisión de enfermedades infecciosas

Directos	Entre personas	Esto sucede cuando una persona infectada con algún patógeno toca, besa, tose o estornuda muy cerca de una persona susceptible. Con un beso se puede transmitir el herpes tipo 1; la tos facilita la transmisión de COVID-19, influenza y tuberculosis, entre otras. También puede ocurrir por el intercambio de fluidos corporales por contacto sexual, como en los casos de VIH (sida), gonorrea, tricomoniasis, etcétera. Asimismo, por el intercambio de fluidos corporales –como la sangre– al reutilizar jeringas o agujas para realizar tatuajes, cuando no se esterilizan de forma adecuada.
	Materno-infantil	Una mujer embarazada puede transmitir los patógenos al feto a través de la placenta. Un ejemplo es la toxoplasmosis. Además, algunas infecciones pueden ser transmitidas durante el parto o por la leche materna, como en el caso del VIH (sida).
	Contacto con animales	La mordida o el rasguño de un animal infectado (incluso de las mascotas) puede transmitir enfermedades y, en circunstancias extremas, puede ser mortal, como en algunos casos de rabia.
Indirectos	Por objetos contaminados	Muchos patógenos permanecen en los objetos inanimados, como mesas, picaportes, llaves del agua, etcétera. Por ejemplo, cuando una persona que tiene influenza tose sobre alguna superficie, ésta queda contaminada; cuando alguien más la toca y luego lleva sus manos a los ojos, boca o nariz antes de lavarlas, es posible que se infecte. De esta manera se adquiere también el pie de atleta, al estar en contacto con superficies húmedas donde pueden permanecer los hongos que lo causan.
	Por alimentos contaminados	Los microorganismos patógenos también pueden infectar por vía de los alimentos y el agua contaminados. Cuando esta última contiene materia fecal y microorganismos patógenos, puede llegar a las zonas de cultivo y contaminar los alimentos. Los patógenos también pueden transmitirse por la falta de higiene de una persona que tiene una infección intestinal si ésta prepara alimentos que van a consumir los demás. Algunos ejemplos de enfermedades que se propagan a partir de esta fuente son: rotavirus, cólera, salmonelosis, giardiasis, entamebosis y ascariasis, entre muchas más.
	Por organismos vectores	Para desplazarse de un huésped a otro, algunos patógenos dependen de los organismos portadores conocidos como vectores: pueden ser mosquitos, pulgas, piojos, chinches o garrapatas. Los mosquitos son transmisores de la malaria o el virus del dengue; las garrapatas pueden ser portadoras de la bacteria que causa la enfermedad de Lyme.

Fuente: Mayo Clinic (2019) y Organización Mundial de la Salud (2020).

cubierto un nuevo agente etiológico (como SARS-CoV-2, causante de COVID-19) o se trate de enfermedades ya conocidas pero que recientemente se hayan convertido en una amenaza para el ser humano o porque comienzan a presentarse en regiones en las que antes no existían.

Las enfermedades reemergentes son enfermedades previamente conocidas y que han sido controladas o tratadas eficazmente, pero cuya frecuencia y mortalidad vuelve a estar en aumento. Por ejemplo, los casos de zika y ébola constituyen enfermedades emergentes porque aparecen en sitios donde antes no estaban y también son reemergentes porque siguen apareciendo en el lugar de origen.

¿Por qué aparecen las enfermedades infecciosas emergentes?

La emergencia o reemergencia de las enfermedades infecciosas responde a procesos complejos en los que intervienen factores sociales y poblacionales, el cambio climático y el aumento del contacto con animales silvestres, entre otros. A continuación enumeramos algunas situaciones de riesgo que destacan en la actualidad:

- Los cambios demográficos o de comportamiento: la población humana ha aumentado, hoy somos más de 7000 millones de habitantes en el planeta y todos requerimos agua, alimentos y vivienda; por ello, sobreexplotamos los recursos naturales. A esto le sumamos que el actual sistema económico favorece el consumismo, definido por la Real Academia Española (RAE) como “la tendencia inmoderada a adquirir, gastar o consumir bienes, no siempre necesarios”, con la consecuente generación de una enorme cantidad de basura.
- La invasión y destrucción del hábitat: en aras del desarrollo, los humanos hemos destruido los ambientes naturales para explotar la tierra y extraer recursos como agua, suelo, madera e incluso especies de plantas y animales. Muchos terrenos se utilizan para la agricultura y ganadería, sin considerar que el suelo requiere descansar y que existen otras especies que dependen de esos lugares. Se cree que el ébola surgió en África por la caza y consumo de murciélagos; se sospecha que el SARS-CoV-2 pudo llegar al humano de forma similar en China. El contacto con especies silvestres favorece las zoonosis, es decir, enfer-



medades que se transmiten de animales a humanos y viceversa. En México, la leishmaniasis se presenta principalmente en personas que ingresan o viven en la selva, donde se encuentran los insectos vectores (*Lutzomyia*).

- El uso de algunas tecnologías o productos: este tipo de factores puede contribuir a la diseminación de enfermedades; por ejemplo, los sistemas de agua artificiales en los edificios (torres de enfriamiento, bañeras de hidromasaje, fuentes, etcétera) facilitan la propagación de *Legionella*, causante de padecimientos respiratorios.
- La falta de implementación de medidas de salud pública, como la vacunación: en los últimos años han surgido brotes de enfermedades que se consideraban prácticamente erradicadas, como el sarampión, debido en parte a que el movimiento antivacunas tiene influencia en algunos sectores de la población. En Europa, el número de casos de sarampión se ha incrementado notablemente en los últimos años, con reportes de 83 540 casos y 74 defunciones en 2018. Recientemente en México surgió un brote que para el 17 de abril de 2020 alcanzaba 150 casos detectados, los cuales en su mayoría carecen de antecedente de vacunación.
- La migración: el incremento de la movilidad humana es un fenómeno que ocurre en todo el mundo; del campo a la ciudad o de un país a otro. En muy poco tiempo se da el intercambio de personas, mercancías y –por supuesto– microorganismos y enfermedades. Por ejemplo, una persona o un alimento pueden trasladarse a casi cualquier país en menos de 48 horas.



- La movilidad de las especies animales: el trasladarlas de un lado a otro, sean silvestres o domésticas, promueve que se transporten también los organismos patógenos. Por ejemplo, algunas garrapatas pueden ser transmisoras de enfermedades como la ehrlichiosis y la enfermedad de Lyme; actualmente en la Ciudad de México es común encontrar garrapatas en perros que viajan al campo con sus dueños o que pasean en parques urbanos, situación que podría convertirse en un problema de salud pública.
- El cambio climático: las condiciones ambientales influyen en la presencia y expansión de los vectores y patógenos. En los últimos años, esto se ha hecho más evidente con el aumento de la temperatura y diversos cambios en los patrones de lluvias y sequías. Debido a ello, la distribución de algunos vectores como los mosquitos ha variado; un ejemplo es el mosquito *Aedes aegypti*, capaz de transmitir a los virus causantes del dengue, chikunguña y zika; en México, los cambios de temperatura han promovido que el dengue se haya extendido a entidades federativas donde anteriormente no había registros.

Impacto biológico, económico y social de una epidemia

■ El impacto que tienen las epidemias depende de diversos factores; por decir, qué tan rápido se contagian las personas, qué tan grave es la sintomatología, así como la mortalidad. Cuando una enfermedad se transmite fácilmente y de forma rápida, la cantidad de gente afectada en un corto periodo supone también una carga económica para los individuos y los sistemas de salud de los países afectados, tanto por la atención y el tratamiento de los pacientes como por las medidas de contención y mitigación. El mejor ejemplo es el que estamos viviendo actualmente con la pandemia de COVID-19, cuyo impacto económico aún está por determinarse, pero ya afecta a las familias, empresas, estados e incluso a países con alto poder económico.

Desde que se conocen las enfermedades han causado un miedo súbito, extraordinario, que oscurece la razón en las personas ante la posibilidad de enfermar o morir, y que además disminuye la capacidad productiva y el rendimiento; por ejemplo, se da lugar a medidas de contención poco efectivas o inadecuadas, como el cierre de fronteras o la limitación de las importaciones

de ciertos productos. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), solamente el brote de cólera registrado en Perú en 1991 le costó a ese país 770 millones de dólares estadounidenses, debido a los embargos impuestos al comercio de alimentos y a los daños que sufrió el turismo.

Cuando surge una enfermedad, el miedo, las especulaciones y la desinformación también pueden ocasionar consecuencias desastrosas para algunos animales. Por ejemplo, los murciélagos han sido blanco de ataques en varias ocasiones por parte de gente que los relaciona con enfermedades como la rabia y actualmente con COVID-19. Sin embargo, los murciélagos realizan labores muy importantes como polinizadores, controladores de plagas de insectos y dispersores de semillas, por lo que al dañarlos y disminuir su población se provocan graves afectaciones en los ecosistemas.

¿Cómo se pueden controlar o erradicar estas enfermedades?

■ Muchas enfermedades han sido erradicadas o controladas gracias a que se han desarrollado vacunas y medicamentos eficaces. Desafortunadamente no siempre son efectivos para tratar las enfermedades nuevas o de reciente aparición, y los procesos para el desarrollo de fármacos y vacunas innovadores requieren de un gran conocimiento para obtener nuevas formulaciones, la participación de muchos científicos (biólogos, químicos, físicos, médicos, biotecnólogos), así como una enorme inversión económica del gobierno y las instituciones privadas.

Se considera que algunas enfermedades han sido prácticamente erradicadas, varias de ellas gracias a las vacunas, como poliomielitis, tétanos, rubéola, difteria y sarampión. Para combatir otras enfermedades se requieren estrategias diferentes, como en el caso del gusano barrenador del ganado (larva de la mosca *Cochliomyia hominivorax*), que se ha controlado mediante la producción de machos estériles. En el mismo sentido, se ha propuesto la producción de mosquitos estériles para disminuir la transmisión de enfermedades como malaria, zika, dengue, etcétera. Uno podría suponer que lo ideal es erradicar a todos los organismos de una especie dañina; no obstante, su ausencia deja un nicho disponible en el ecosistema y, muy probablemente, tarde o temprano otra especie podrá ocuparlo; en la naturaleza nada se desperdicia.

Una misma salud: ambiental-humana-animal

No estamos preparados cultural ni económicamente para afrontar la constante aparición de enfermedades emergentes y reemergentes, principalmente porque nos falta conciencia en todos los aspectos. En primera instancia, es necesario comprender que la salud humana está relacionada con la salud de los ecosistemas. Para frenar el daño que causamos al ambiente, debemos respetar la vida silvestre, reducir los patrones de consumo, la sobreexplotación de los recursos naturales y la contaminación excesiva causada por la industria. También es importante reforzar la educación en todos sentidos y promover el acceso universal a los servicios básicos como el agua, una alimentación sana, la atención de la salud y un trabajo digno.

Por lo tanto, es fundamental integrar los conocimientos y aplicarlos para cuidar nuestro ambiente, ya que, finalmente, con ello también estamos cuidando nuestra salud. Para empezar, debemos ser conscientes de que nuestros actos individuales tienen efectos más allá de nosotros. Mientras más dañemos el entorno, mayores serán las consecuencias para todos... y esto no es nada lejano, pues actualmente lo estamos viviendo.

Perla María del Carmen Acevedo Ramírez

Fundadora de Hiper Parasitate y Biociencia, talleres y divulgación científica.

perlacedoram@hotmail.com

Elia Torres Gutiérrez

Laboratorio de Microbiología y Parasitología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México.

eliazoria@gmail.com

Lecturas recomendadas

Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (2018), "Legionella (enfermedad del legionario y fiebre de Pontiac)", CDC. Disponible en: <<https://www.cdc.gov/legionella/about/index-sp.html>>, consultado el 8 de julio de 2020.

Institute of Medicine (US) Forum on Microbial Threats (2008), *Global Climate Change and Extreme Weather Events: Understanding the Contributions to Infectious Disease Emergence: Workshop Summary*, Washington DC, National Academies Press. Disponible en: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK45747/?term=yersinia%20pestis%20history>>, consultado el 8 de julio de 2020.

Mayo Clinic (2019), "Enfermedades infecciosas". Disponible en: <<https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/infectious-diseases/symptoms-causes/syc-20351173#:~:text=Las%20enfermedades%20infecciosas%20pueden%20transmitirse,de%20una%20persona%20a%20otra>>, consultado el 8 de julio de 2020.

Organización Mundial de la Salud (2020), "Enfermedades infecciosas". Disponible en: <https://www.who.int/topics/infectious_diseases/es/#:~:text=Las%20enfermedades%20infecciosas%20son%20causadas,pueden%20ser%20transmitidas%20al%20hombre>, consultado el 8 de julio de 2020.

Organización Mundial de la Salud (2020), "Epidemias mundiales e impacto del cólera". Disponible en: <<https://www.who.int/topics/cholera/impact/es/>>, consultado el 8 de julio de 2020.

Pulido, S. (2020), "¿Cuál es la diferencia entre brote, epidemia y pandemia?", *Gaceta Médica*. Disponible en: <<https://gacetamedica.com/investigacion/cual-es-la-diferencia-entre-brote-epidemia-y-pandemia/>>, consultado el 8 de julio de 2020.

Roque, L., Y. Alfonso, M. González y N. Pérez (2018), "Influencia del cambio climático en la emergencia del Zika", *Revista 16 de Abril. Órgano Científico Estudiantil de Ciencias Médicas de Cuba*, 57(270):284-288.

Secretaría de Salud (2015), "Ficha técnica. Infección por virus Zika". Disponible en: <<https://www.gob.mx/salud/documentos/ficha-tecnica-infeccion-por-virus-zika>>, consultado el 8 de julio de 2020.

Secretaría de Salud (2016), "Infografía. Enfermedad por virus Zika". Disponible en: <<https://www.gob.mx/salud/articulos/infografia-enfermedad-por-virus-zika?state=published>>, consultado el 8 de julio de 2020.

Secretaría de Salud (2020), "Casos confirmados por sarampión 2020". Disponible en: <<https://www.gob.mx/salud/documentos/casos-confirmados-por-sarampion-2020>>, consultado el 8 de julio de 2020.

Silva, A. et al. (2014), "Infección humana asintomática por contacto con perros. Un caso de ehrlichiosis humana", *Gaceta Médica de México*, 150:171-174.

Urribarren, T. (2016), "Priones", *Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina, Virología*. Disponible en: <http://microypara.facmed.unam.mx/?page_id=451>, consultado el 8 de julio de 2020.

Juan Pedro Laclette y José Luis Morán López



Planeación en la era de las pandemias; una visión de futuro

La pandemia ocasionada por el SARS-CoV-2 ha puesto al mundo entero al borde del colapso económico y de salud. Sorprende la falta de previsión en muchos países, México entre ellos. Tenemos la certeza de que otros eventos similares se presentarán de manera repetida en el corto plazo. Con visión de futuro, proponemos una serie de lineamientos para desarrollar una mejor capacidad de respuesta ante las pandemias.



Introducción

La pandemia que actualmente enfrentamos causada por el virus SARS-CoV-2 representa un reto formidable. Se trata de una infección viral altamente transmisible que ocasiona síntomas leves en una décima parte de los individuos infectados, y graves en una cuarta parte de ellos. La enfermedad ocasionada por dicho virus, conocida como COVID-19, compromete tres principales sistemas que mantienen la homeostasis en nuestro organismo: el sistema inmunológico, el sistema inflamatorio y el sistema de coagulación.

La pandemia ha afectado con distinto grado de severidad a más de 200 países del orbe; su costo en vidas humanas rebasará considerablemente el medio millón de personas al final de la primera ola y no sabemos cuándo se desarrollará una inmunidad poblacional que permita esperar una situación normalizada. En el trayecto, se han puesto en entredicho muchas conductas sociales que considerábamos naturales; amplios sectores de la población han sufrido eventos de depresión y angustia ocasionados por el confinamiento; se ha llamado fuertemente la atención hacia las perturbaciones que hemos producido en los ecosistemas; el mundo está al borde de un grave colapso económico que, seguramente, repercutirá con mayor impacto en los sectores sociales más desprotegidos, entre otras consecuencias. Es posible que se trate del evento catastrófico que ha producido el mayor grado de conciencia colectiva mundial. Hoy más que nunca, es claro que vivimos en una aldea global, lo que hace más notoria la importancia de la colaboración internacional. La dimensión de esta crisis epidemiológica, sin duda, producirá algunos cambios en la manera de relacionarse entre los países y entre las personas.

El objetivo de este artículo es enfatizar que en la actual circunstancia mundial cabe esperar que se presenten nuevos eventos pandémicos en el corto plazo. Por ello, proponemos la creación de una estructura organizativa en la que participen todos los recursos humanos, institucionales y económicos con los que cuenta nuestro país, además de incorporarnos a los esfuerzos internacionales, para hacer posible una pronta y eficaz respuesta que concluya con la actual pandemia y que enfrente a las futuras emergencias.

Epidemias y pandemias en la historia

A lo largo de la historia mundial han ocurrido múltiples epidemias; muchas de ellas no alcanzaron el nivel

de pandemia —que es una definición surgida en nuestro mundo globalizado—, pero, sin duda, afectaron duramente a muchos países y continentes. No pretendemos hacer un recuento exhaustivo; sin embargo, vale la pena mencionar algunas de las que tuvieron una extraordinaria repercusión histórica.

La plaga de Atenas afectó a esa ciudad-Estado en el año 430 a. d. n. e., cuando se encontraba inmersa en la guerra del Peloponeso. El líder ateniense Pericles tomó la decisión de soportar el sitio de los espartanos y sus aliados dentro de la ciudad, lo cual resultó ideal para la transmisión de una enfermedad que aniquiló al propio Pericles y diezmo las fuerzas defensivas atenienses, lo que contribuyó a terminar con su hegemonía en la región del Peloponeso. A pesar de que los síntomas de la enfermedad fueron descritos en detalle por el gran historiador Tucídides, no hay consenso acerca de cuál fue el agente infeccioso que causó la plaga de Atenas.

En 1384 una enfermedad terrible, a la que se conoció como peste negra (causada por la bacteria *Yersinia pestis*), asoló Europa y Asia, aparentemente introducida por los invasores mongoles. Sabemos que afectó a un gran número de países y cobró más de 20 millones de vidas. En algunos lugares la mortalidad ocasionó un déficit poblacional que tardó un siglo en recuperarse (véase la Figura 1).



Figura 1. *El triunfo de la Muerte* (detalle), Pieter Brueghel, 1562-1563. Fuente: Museo Nacional del Prado.

Una epidemia viral que nos impactó directamente fue la viruela (*Variola virus*) que afectó a la Gran Tenochtitlán y que resultó clave para que Hernán Cortés y los pueblos indígenas aliados derrotaran y conquistaran al imperio azteca en 1521. Se dice que cobró la vida de entre 2 millones y 3.5 millones de indígenas en México y Mesoamérica, incluido el gran tlatoani Cuitláhuac.

Ya en el siglo XX, la gripe española ocasionada por el virus de la influenza tipo A (relacionado al H1N1) provocó alrededor de 60 millones de muertos en todo el mundo entre 1918 y 1920. Esta pandemia, posiblemente la más mortífera de la historia, afectó de manera considerable a nuestro país, que se encontraba en plena Revolución. Las crónicas de la época describen las carretas repletas de cadáveres que eran llevados a enterrar en fosas comunes a las afueras de la Ciudad de México.

En lo que va del siglo XXI se han producido varias epidemias y pandemias, como el síndrome respiratorio agudo severo (SARS), provocado por un coronavirus (SARS-CoV) que se originó en la provincia china de Guangdong en noviembre de 2002. Esta epidemia fue controlada en 2004, pero coincide con la actual pandemia, que al parecer se originó en un mercado de animales vivos en la provincia china de Hubei.

A principios de 2009 surgió un nuevo virus de influenza estacional (H1N1), detectado originalmente en Estados Unidos de América, el cual difería de manera considerable de otros virus de influenza, de tal modo que la inmunidad poblacional hacia esta nueva variante resultaba escasa y las vacunas existentes ofrecían poca resistencia. Según los datos estimados por el Centro para el Control de Enfermedades (CDC), se infectaron más de 60 millones de personas en Norteamérica y se produjo una mortalidad que rebasó los 10 000 individuos. En México, el primer caso de H1N1 se detectó el 11 de marzo de 2009; para julio se habían reportado más de 12 000 infectados. El 11 de junio la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró a la influenza H1N1 como una pandemia, una vez que había afectado a más de 70 países.

En 2012 apareció el síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS), ocasionado por un nuevo coronavirus detectado por primera vez en Arabia Saudita. El análisis de las secuencias genómicas aisladas de este virus llevó a la hipótesis de que se originó en murciélagos y se transmitió a los dromedarios en un pasado lejano. Afortunadamente, el MERS resultó poco transmisible de

persona a persona, excepto durante contactos cercanos y prolongados.

Entre 2012 y 2014 surgió una enfermedad altamente letal (con una tasa de alrededor de 50%) ocasionada por el virus del Ébola, detectado por primera vez en dos brotes simultáneos en Sudán del Sur y la República Democrática del Congo. El virus del Ébola pertenece a otro tipo de virus (filovirus), que parece también originarse en los murciélagos y que aparentemente fue transmitido a los humanos por el contacto con la sangre y los órganos expuestos de animales silvestres. Una vez instalado en el organismo, se transmite de persona a persona por medio de las mucosas. Este virus afectó a una docena de naciones en África Occidental, pero también se presentaron brotes en países más desarrollados, como Italia, España, Estados Unidos de América, Reino Unido, entre otros.

Poco después se identificó un nuevo virus transmitido al ser humano por vectores insectos, denominado Chikunguña. Aunque la primera descripción de esta enfermedad se remonta a principios de la década de 1950 en Tanzania, entre 2013 y 2014 afectó a más de 60 países de África, Asia y América (incluido México). El virus se transmite principalmente mediante la picadura de mosquitos del género *Aedes*.

Este recuento de epidemias y pandemias anteriores al COVID-19 concluye con el virus del Zika, detectado en Uganda y Tanzania desde mediados del siglo XX. Este virus también se transmite por vectores mosquitos y, aunque se presentaron algunos brotes en islas de los mares del sur desde 2007, fue a partir de 2015 que se describieron los primeros casos en Brasil. Actualmente afecta a más de 80 países de África, Asia y América (entre ellos a México). Esta infección se asocia con hallazgos de microcefalia en bebés recién nacidos de madres infectadas.

Sirva el anterior resumen —en especial lo referente al siglo XXI— para establecer una primera conclusión: las epidemias y pandemias se presentan con alarmante frecuencia. Considerando las que han surgido durante el presente siglo, es seguro que ocurrirá otra durante la década de 2020. Lo aseveramos porque en el mundo existen los factores necesarios para que se sigan presentando pandemias:

- La destrucción de los ecosistemas ha provocado que los patógenos que se transmitían en ciertos organismos encuentren nuevos nichos de infección y contagio, incluido el ser humano.



- El calentamiento global ha ocasionado que los microorganismos que antes tenían una cierta distribución geográfica ahora adquieran una nueva, de mayores dimensiones. Estos factores potencian a las enfermedades transmitidas por vectores.
- Vivimos en una aldea globalizada; en un día podemos viajar alrededor del mundo y centenas de miles de personas van de un continente a otro todo el tiempo. Esos viajeros acarrear los patógenos de uno al otro confín.

¿Qué vamos a hacer cuando llegue la próxima pandemia?

A pesar de los antecedentes mencionados, la actual pandemia de COVID-19 parece haber tomado por sorpresa no sólo a México, sino también a varios países. Sus consecuencias han puesto en evidencia que muchos de éstos, incluso algunas de las mayores economías del mundo, han prestado poca atención al desarrollo de sistemas de salud incluyentes para proveer servicios a toda la población. Es evidente que amplios sectores están gravemente desprotegidos en el momento en que se presenta una emergencia epidemiológica como la actual.

Un renombrado entomólogo estadounidense, Paul R. Ehrlich, ha insistido desde hace varias décadas en que nos aproximamos a un punto de gran riesgo para la supervivencia de nuestra especie: “Demasiados coches, demasiadas fábricas, demasiados detergentes, demasiados

pesticidas, demasiadas consecuencias negativas. Plantas inadecuadas para el tratamiento de residuos, muy poca agua dulce limpia, demasiado bióxido de carbono y todo esto depende de demasiada gente.” De acuerdo con el autor, un rasgo evolutivo de los primates, al igual que otros mamíferos, es una pronta reacción a los estímulos en el aquí y el ahora (por ejemplo, amenazas inmediatas, ya sean reales o imaginarias). En contraste, los humanos mostramos respuestas muy limitadas hacia las amenazas a largo plazo. Algunas de éstas son resultado de nuestra propia actividad destructiva sobre los ecosistemas. Además, otra herencia primate es nuestra clara reacción hacia los estímulos visuales, pero es mucho menos clara ante otro tipo de estímulos, tales como el calentamiento global, la contaminación de nuestras fuentes de agua dulce o las pandemias ocasionadas por agentes infecciosos. A pesar de que el ser humano es una especie para la cual los rasgos innatos (genéticos) tienen un menor peso específico, en comparación con la gran construcción de la cultura, sorprende nuestra falta de preparación ante la amenaza de las epidemias y pandemias en pleno siglo XXI.

Cabe enfatizar que todavía no superamos la actual emergencia (a mediados de mayo de 2020 cuando escribimos el presente texto); es posible que durante el resto del año sigamos siendo importantemente afectados por ella. No obstante, en nuestra opinión, conviene reflexionar en torno a los siguientes asuntos para construir una visión de futuro:

- No estuvimos preparados para la actual pandemia.
- Se requiere un ejercicio de planeación específico para estructurar una respuesta organizada y eficaz ante la próxima emergencia epidemiológica.
- Es posible que la estructura actual del Sistema Nacional de Salud requiera adaptarse para enfrentar la era de las pandemias.



Un Sistema Nacional de Salud mexicano con virtudes y defectos

El sector salud en México, históricamente, ha mantenido una visión de inclusión social; aun con sus faltas de continuidad y con algunos claros casos de corrupción, se puede afirmar que el Sistema Nacional de Salud ha venido progresando en el transcurso de casi un siglo y particularmente durante las últimas décadas. Además de los servicios proporcionados a la población en general por la Secretaría de Salud (SSA), a los trabajadores por el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y a los trabajadores del Estado por el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), en la década de 1980 se incluyó el derecho a la protección de la salud en el artículo 4.º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Posteriormente, la definición de un Sistema Nacional de Salud se estableció en la reforma a la Ley General de Salud de 1984. Conceptualmente hablando, esta reforma permitió la integración y coordinación de todos los servicios –federales, estatales, del sector social y del privado– que atienden la salud de la población mexicana.

Más adelante, en un esfuerzo por aumentar la cobertura y la calidad de los servicios de salud, en 2003 se puso en marcha un modelo complementario, denominado Seguro Popular. Si bien es cierto que la operación de los recursos económicos destinados a este programa vino a dar protección a sectores sociales que antes no eran atendidos y se indujo un aumento de la inversión económica en salud, también es una realidad que se presentaron casos notables de corrupción, en especial con los recursos canalizados hacia los sectores de salud en algunas entidades federativas. Lo anterior se tomó como justificación para que la actual administración federal decidiera suspender el Seguro Popular y sustituirlo por un nuevo sistema organizativo: el Instituto de Salud para el Bienestar (Insabi), sin que mediara un periodo de transición o adaptación. Independientemente de las

virtudes o los defectos que se pudieran argumentar respecto a uno u otro sistema –y que van más allá del objetivo del presente texto–, la transformación operativa de los servicios de salud ocurrió en un momento claramente inoportuno, ya que el Insabi se puso en marcha el 1 de enero de 2020. Cabe recordar que el primer caso de COVID-19 se reportó el 1 de diciembre de 2019 en la ciudad de Wuhan, en China; para finales de enero, dicho país ya tenía más de 10 000 casos confirmados.

La conversión del Seguro Popular en el Insabi, dada la complejidad del Sistema Nacional de Salud, ocasionó una serie de fricciones entre algunos estados y la federación. En el momento en que se perfilaba claramente la magnitud de la amenaza por la pandemia de COVID-19, la clase política mexicana y en particular las autoridades de salud, federales y estatales, se encontraban enfrascadas en controversias respecto del manejo de los recursos económicos y acerca de la coordinación federal o local para el funcionamiento futuro del sistema. Para el 20 de enero, apenas 18 de las 32 entidades federativas se habían adherido al Insabi; el 28 de enero, a dos días del vencimiento del plazo de adhesión, sólo 26 estados habían aceptado que fuera la federación la encargada de realizar todas las compras de medicamentos para ser distribuidos a lo largo y ancho del país. Al final de enero, 5 entidades federativas decidieron no adherirse.

Para proveer un marco referencial de tiempo al establecimiento del Insabi dentro del Sistema Nacional de Salud, recordemos algunas fechas clave del avance de la epidemia de COVID-19 fuera de China: el 8 de enero de 2020 se reportó el primer caso en Corea del Sur; el 21 de enero se confirmó un caso en Taiwán; en esa misma fecha se reportó el primer caso de COVID-19 en Estados Unidos de América; el 27 de enero, en Canadá; también ese día se confirmó uno en Alemania; el 31 de enero, dos turistas chinos dieron positivo a COVID-19 en Italia; en la misma fecha se reportó el primer contagio en España. Era claro que se venía una pandemia. La enfermedad apareció poco después en el subcontinente latinoamericano: el 26 de febrero se confirmó el primer caso de COVID-19 en Brasil; el 28 de febrero se reportó el primero en Ecuador, y el 29 del mismo mes México se incorporó a la pandemia con dos casos confirmados.

Esta cronología deja en claro que en el periodo crucial en el que se configuraba una amenaza epidemiológica de gran magnitud para el mundo y para nuestro país, la agenda política nacional ignoró la tormenta que se avecinaba.

Se dice que la política es el arte de lo posible; esta frase se ha atribuido a distintos personajes, entre ellos Aristóteles, Maquiavelo, Bismarck y Churchill. Sin embargo, como lo muestra la cronología anterior, la práctica política en nuestro país se ha venido deteriorando hacia niveles verdaderamente preocupantes. El debilitamiento financiero del Sistema Nacional de Salud, el grado de desabasto de medicamentos, equipos y otros insumos para la protección del personal en los hospitales públicos, y, en general, la evidente falta de preparación ante la pandemia de COVID-19, nos hacen pensar que el nivel de “lo posible” que permite alcanzar la práctica política actual en México parece estar tocando fondo.

Un Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación debilitado

La inconsistencia de las políticas públicas de nuestro país también se manifiesta en el apoyo destinado a las actividades de investigación científica, tecnológica y de innovación (CTI), el cual se ha visto disminuido considerablemente desde los últimos tres años de la administración federal anterior y en todo lo que va de la presente. La anhelada inversión del 1% del PIB, según fue estipulado desde 2002 en la Ley de Ciencia y Tecnología, está muy lejos de cumplirse. Esto tiene como consecuencia que el número de proyectos de investigación activos y los montos asignados sean muy reducidos.

Otro aspecto que limita la investigación en México es que los Fondos Sectoriales fueron abolidos el 2 de abril del año en curso. Uno de esos fondos que cumplía cabalmente sus objetivos era el de salud, operado en conjunto entre el sector salud (SSA, IMSS, ISSSTE) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt). La gran ventaja de este fideicomiso era que se podían financiar proyectos de investigación a mediano y largo plazo. La desaparición del Fondo Sectorial de Salud es un golpe terrible, ya que la mayoría de las investigaciones en este sector toman varios años.

Es verdad que se requieren recursos económicos sustanciales para hacer frente a la situación actual, pero estamos convencidos de que una de las maneras más eficaces de contribuir a su solución es impulsar una mayor y continúa inversión en CTI. Así lo están haciendo países más desarrollados, como Alemania, Francia, Estados Unidos de América, China y Japón, entre otros, cuyos gobiernos han destinado fuertes sumas de dinero a la

búsqueda de una vacuna o de medicamentos antivirales. En contraste, la situación en que se encuentra el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en México es preocupante, por decir lo menos.

Una cooperación internacional subutilizada

Al final de la Segunda Guerra Mundial, uno de los temas abordados por los diplomáticos que se reunieron para crear la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en 1945 fue la posibilidad de establecer un organismo dedicado a la salud. Esta iniciativa fue aprobada y el 7 de abril de 1948 se creó la OMS. Entre los compromisos de su constitución se encuentran:

- La salud es uno de los derechos fundamentales de todo ser humano sin distinción de raza, religión, ideología política ni condición económica o social.
- La salud de todos los pueblos es un factor fundamental para lograr la paz y la seguridad, y esto depende de la cooperación entre personas y entre Estados.
- La desigualdad de los países en lo relativo al fomento de la salud y el control de las enfermedades, sobre todo las transmisibles, constituye un peligro común.
- Extender a todos los pueblos los beneficios de los conocimientos médicos, psicológicos y afines es esencial para alcanzar el más alto grado de salud.
- Una opinión pública bien informada y una cooperación activa por parte de la sociedad son de importancia capital para el mejoramiento de la salud.

Las pandemias son problemas de salud que afectan a muchos países; por consiguiente, incumben directamente a la OMS. Como se puede leer en el presente número de la revista *Ciencia*, en el artículo del embajador de México ante Naciones Unidas y expresidente de la Academia Mexicana de Ciencias (AMC), Juan Ramón de la Fuente, nuestro país propuso una iniciativa al respecto que fue adoptada por la mayoría de las naciones que pertenecen a la ONU.

Además, existen otros subconjuntos de países con fines ligeramente diferentes, pero que también pueden llevar a cabo acciones importantes. Así, el Grupo de los 20 (G20), integrado por las ocho economías más poderosas (G8) y una docena de economías emergentes (Mé-

xico incluido), cuenta con la asesoría conjunta de todas las academias de ciencias de los países integrantes (S20). La AMC es parte del S20 y participa en la elaboración de diferentes pronunciamientos y recomendaciones que se hacen llegar a los mandatarios del G20 respecto a temas globales que requieren atención inmediata; además, se ofrece asesoría científica a los gobiernos. Este año, la Academia de Ciencias de Arabia Saudita es la organizadora de la reunión del grupo S20. Obviamente, una de las iniciativas a tratar en dicha reunión es el esfuerzo conjunto por encontrar formas de paliar y detener la transmisión del virus SARS-CoV-2 e impulsar el desarrollo de vacunas contra el COVID-19. En este contexto, México puede aumentar considerablemente sus relaciones de cooperación internacional.

Un esfuerzo reciente para incluir a científicos mexicanos en la investigación en torno al desarrollo de vacunas para prevenir el COVID-19, en el ámbito internacional, fue el realizado por la Cancillería para integrar a México en la Coalición para las Innovaciones en Preparación para Epidemias, CEPI (Coalition for Epidemic Preparedness for Innovations), con sede en Noruega. Para lograr este objetivo se creó el Consorcio de Científicos para la Innovación y el Desarrollo de Vacunas (MX-CEPI) y se presentaron cuatro proyectos a la convocatoria emitida por la CEPI. En ellos participan investigadores de varias instituciones académicas y empresas farmacéuticas. Éste es un reconocimiento a la calidad internacional que tienen nuestros investigadores.

La tradición mexicana en salud pública

■ Nuestro país hace muestra de una considerable tradición en el ámbito de la salud pública, gracias a la cual el Sistema Nacional de Salud cuenta con valiosos recursos humanos y de infraestructura en múltiples especialidades de la medicina, que en algunos casos son comparables a los mejores del mundo.

La medicina pública ha sido un factor fundamental para nuestro desarrollo. Baste citar que la actual Escuela de Salud Pública en México (ESPM) remonta sus orígenes a la Escuela de Salubridad, fundada en 1922, que fue la primera de América Latina y una de las pioneras en el mundo. La ESPM actualmente forma parte del Instituto Nacional de Salud Pública, creado en 1987. A lo largo de casi un siglo, en ella se han venido formando no sólo los salubristas y epidemiólogos que requiere la nación,

sino también otros especialistas que han conducido la salud pública en México y varios países de Latinoamérica. Junto con todos los demás recursos humanos que conforman el Sistema Nacional de Salud, han desempeñado un papel muy relevante en la conversión del perfil epidemiológico de nuestro país: de uno dominado por las enfermedades infecciosas al perfil actual en el que se enfrentan principalmente las enfermedades proliferativas y degenerativas, que se asocian con la esperanza de vida y son las que muestran los mayores índices de mortalidad y morbilidad. Cabe considerar que la esperanza de vida de los mexicanos en 1930 era en promedio de 34 años; para 1970 alcanzamos los 61 años; en el cambio de milenio nuestra esperanza de vida era de 74 años; en 2020 rebasa los 75 años. En detrimento, los altos índices de violencia que hemos sufrido durante la última década han tenido un efecto que ya se puede detectar en las cifras nacionales de esperanza de vida, particularmente en varones.

De manera adicional, el uso de antibióticos y otros fármacos, la mejoría en la cobertura y calidad de la atención para la salud y el establecimiento de la Cartilla Nacional de Vacunación, que protege a los infantes en contra de más de una docena de enfermedades, han sido fundamentales para lograr el éxito de la salud pública mexicana. Por supuesto que otro factor es la modesta mejoría en la calidad de vida de la población a lo largo del mismo periodo. Sin embargo, aun reconociendo las fortalezas del Sistema Nacional de Salud mencionadas arriba, el manejo de la actual pandemia ha evidenciado también considerables debilidades estructurales.

Elementos para conformar una respuesta

■ **organizada hacia futuras epidemias y pandemias**

■ En este momento es prematuro hacer una propuesta suficientemente sustentada al respecto de la estructura que debiera adoptar un organismo creado para dar respuesta inmediata a las emergencias epidemiológicas. Sin embargo, la experiencia con la actual pandemia de COVID-19 ha puesto en evidencia que muchas de las acciones y decisiones se han tomado de forma improvisada. Por supuesto que no pretendemos afirmar que una adecuada planeación va a considerar la totalidad de los factores. Siempre hay espacio para la flexibilidad. Sin embargo, muchos aspectos jerárquicos, organizativos,

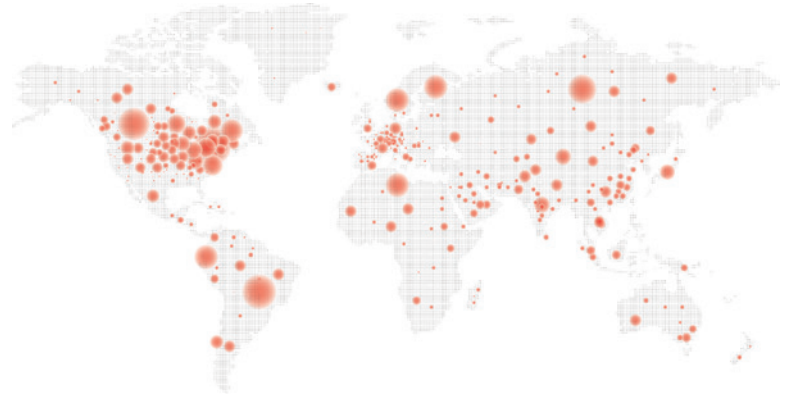
financieros y de los actores involucrados sí pueden planearse con anticipación.

Cabe enfatizar que el organismo que aquí proponemos permitiría en épocas “normales” que cada uno de los actores institucionales y los recursos humanos involucrados lleve a cabo sus labores ordinarias. Esta estructura sólo entraría en operación durante las emergencias epidemiológicas, pero deberá tener una clara constitución orgánica, de tal modo que la interrelación entre los participantes esté preestablecida, para que cada uno adopte su función de manera inmediata y eficiente. Al final de la emergencia, el organismo se disuelve y cada uno de los involucrados retorna a sus labores habituales. A continuación describimos algunos de sus componentes fundamentales.

Actores institucionales

Para analizar la posibilidad de estructurar una respuesta ante las futuras epidemias o pandemias, debemos considerar varios factores. Uno de ellos lo constituyen los actores institucionales que pueden sumarse para contribuir durante la emergencia.

En primer lugar, por supuesto que debemos enlistar al Sistema Nacional de Salud, en el cual se incluyen los vastos recursos de la SSA, del IMSS, del ISSSTE, de los hospitales públicos operados por los gobiernos estatales, de los hospitales privados, etcétera. Un segundo actor institucional –que por falta de planeación y financiamiento en la actual pandemia ha tenido un papel mucho menor que su potencial– es el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, formado por más de 220 dependencias en las que se realiza investigación básica y aplicada en una gran diversidad de disciplinas científicas, entre ellas muchas que podrían haber hecho grandes aportaciones para el manejo de la emergencia. Nos referimos a las capacidades localizadas en las instituciones de educación superior (IES), del sector público y privado, así como en los institutos y centros públicos de investigación sectoriales (CPI). Como tercer actor debemos sumar a la iniciativa privada, en la cual se incluye a la industria farmacéutica nacional e internacional, que en otros países se ha sumado a los esfuerzos por producir kits de diagnóstico, tratamientos antivirales, vacunas, entre otros. Asimismo, están los fabricantes de insumos y aparatos médicos que en México han desarrollado una considerable capacidad exportadora, así como otras tantas empresas socialmente solidarias que decidan



sumarse a las distintas acciones. Por último, y no por ello menos importante, como cuarto actor debemos sumar a la sociedad, a las organizaciones no gubernamentales (ONG) y a otro tipo de agrupaciones sociales.

Recursos humanos

El segundo factor crucial se refiere a los recursos humanos que podrían involucrarse. En primer término, se encuentra el personal médico y de enfermería necesario para atender una emergencia epidemiológica. Es importante apuntar que los profesionales de la salud que atienden a los pacientes deben tener un alto nivel de especialidad en disciplinas de infectología y de cuidados intensivos. Asimismo, se toma en cuenta a todo el personal de apoyo en los hospitales: camilleros, trabajadores sociales, administradores, etcétera, quienes requieren una capacitación especial, además de los aditamentos adecuados para su protección (máscaras, cubrebocas, guantes, trajes especiales). En segundo término, se requiere de la participación de la comunidad científica que trabaja en disciplinas básicas y aplicadas relacionadas con la salud (biomedicina, biotecnología, matemáticas aplicadas, entre otras), así como en aquellas que pueden contribuir para la atención de los aspectos sociales (vivienda, economía, psicología). Se considera también la participación del personal administrativo en el sector público para hacer más expedita la importación de insumos, asignación de recursos, aprobación de procesos, etcétera. Asimismo, en otros países hemos visto que los emprendedores privados, donantes altruistas, entre otros, han sido de gran importancia para la atención de la pandemia. Por último, los comunicadores en medios y redes sociales, las ONG y otro tipo de asociaciones afines requieren incorporarse para lograr una comunicación social clara y directa, que motive las con-

ductas sociales adecuadas para impulsar la atención de la emergencia. Por ejemplo, se puede pensar en la organización de simulacros epidemiológicos para desarrollar una cultura de conductas sociales apropiadas.

Recursos económicos

El tercer factor es el de los recursos económicos. Dadas la frecuencia y la magnitud que pueden alcanzar las pandemias, vale la pena reflexionar acerca de la conveniencia de crear un fondo para emergencias epidemiológicas. Recordemos que el gobierno federal actualmente dispone del Fondo para Desastres Naturales (Fonden), que apoya las obras de reconstrucción de la infraestructura dañada por los eventos de este tipo, además de otorgar otro tipo de ayudas. No obstante, sugerimos que el fondo para emergencias epidemiológicas opere de manera separada al Fonden, que actualmente está amenazado de extinción por la bancada mayoritaria en el Congreso; cabe mencionar que el Fonden en 2019 ascendió apenas a 12 578.1 millones de pesos.

El fondo para emergencias epidemiológicas se podría formar a partir de mecanismos similares a los que permiten generar apoyos para los sectores más desprotegidos, para los proyectos prioritarios del gobierno, para las empresas, etcétera; podría contar con aportaciones de distintos sectores de los poderes ejecutivos –federal y locales– así como del sector privado, y sería operado de una manera similar a la Reserva Federal del Banco de México, esto es, para utilizarlo sólo en caso de una emergencia epidemiológica, conforme a los rubros que se definan con antelación.

Banco de materiales e insumos básicos

El cuarto aspecto que en la actual pandemia ha resultado especialmente preocupante es el de los materiales e insumos básicos para proteger a los trabajadores de la salud, así como para el tratamiento de los pacientes. Nos referimos a los equipos de protección para el personal médico en los hospitales públicos; debe mantenerse una reserva mínima que permita la atención inicial de una eventual emergencia. También tiene que haber una planeación previa para la adquisición y el suministro de dichos ma-

teriales e insumos básicos durante la epidemia. No puede suceder nuevamente que los insumos y aparatos de fabricación nacional sean exportados a otros países en etapas tempranas de la pandemia, y luego se importen de regreso a nuestro país con un sobreprecio.

En la encrucijada

■ Es claro que en este momento lo más importante es resolver la pandemia actual. Debemos aprender de las experiencias pasadas y actuales para desarrollar estrategias eficientes que nos permitan vencer tanto la amenaza presente como las que vienen. Algunas sugerencias aquí planteadas son vigentes, pero nuestra reflexión pretende explorar una visión de futuro.

Concluimos con una pregunta: ¿podemos lograr que lo inmediato no elimine a lo distante, más aún si eso distante es muy importante? En otras palabras: ¿podemos planear hacia el corto plazo junto con el largo plazo?

Juan Pedro Laclette

Investigador del Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM; Investigador Emérito de la UNAM; expresidente de la Academia Mexicana de Ciencias.
laclette@iibiomedicas.unam.mx

José Luis Morán López

Investigador del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica; Investigador Emérito del Sistema Nacional de Investigadores.
joseluis.moran@ipicyt.edu.mx

Lecturas específicas

- Gudiño-Cejudo, M. R., L. Magaña-Valladares y M. Hernández-Ávila (2013), “La Escuela de Salud Pública de México: su fundación y primera época, 1922-1945”, *Salud Pública de México*, 55:81-91.
- Ledermann, W. (2003), “El hombre y sus epidemias a través de la historia”, *Revista Chilena de Infectología*, 20:13-17.



Consulta nuestros números en línea



www.revistaciencia.amc.edu.mx



CienciaAMC



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

