

BOLETÍN CONACYT

2020

2



GOBIERNO DE
MÉXICO



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Directora

Dra. María Elena Álvarez-Buylla Roces
Directora General del Consejo
Nacional de Ciencia y Tecnología

Comité Editorial

Dra. María José Rhi Sausi Garavito
Dirección Adjunta de Desarrollo Científico

Dra. Delia Aideé Orozco Hernández
Dirección Adjunta de Desarrollo
Tecnológico, Vinculación e Innovación

Dr. José Alejandro Díaz Méndez
Unidad de Articulación Sectorial y Regional

Dra. Marcela Cristina Pouliot Madero
Unidad de Planeación, Comunicación
y Cooperación Internacional

Mtro. Raymundo Espinoza Hernández
Unidad de Asuntos Jurídicos

Mtro. Noé Ortíz Lépez
Unidad de Administración y Finanzas

Dr. Alejandro Espinosa Calderón
Secretaría Ejecutiva de la Comisión
Intersecretarial de Bioseguridad
de los Organismos Genéticamente Modificados

Lcda. María del Carmen García Meneses
Coordinación de Repositorios,
Investigación y Prospectiva

Diseño

Equipo Conacyt

Ilustraciones

Armando Fonseca

Boletín Conacyt, año 2, número 2, 2020,
es una publicación anual editada por el Consejo
Nacional de Ciencia y Tecnología. Av. Insurgentes
Sur 1582, col. Crédito Constructor, alcaldía Benito
Juárez, Ciudad de México, c. p. 03940.

Teléfono: 55 5322 7700. www.conacyt.gob.mx
Editor responsable: Jorge Ortega Cárdenas.

Reservas de Derechos al Uso Exclusivo en trámite,
ISSN en trámite, ambos otorgados por el Instituto
Nacional de Derecho de Autor. Licitud de Título
y Contenido en trámite, otorgado por la Comisión
Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas
de la Secretaría de Gobernación.



GOBIERNO DE
MÉXICO



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



2020
AÑO DE
LEONORA VICARIO
REINVENTA MEXICO DE LA PATRIA

BOLETÍN
CONACYT

2

2020



PRESENTACIÓN

4 Las salidas del laberinto

MARÍA ELENA ÁLVAREZ-BUYLLA ROCES

COVID-19

7 Ganar tiempo

ALFREDO MIROLI

13 La verdadera pandemia es la desigualdad, no la COVID-19

PAUL HERSCH MARTÍNEZ

**24 Efectos de la COVID-19 en la seguridad alimentaria
y estado de nutrición en niños y niñas en México**

ANABELLE BONVECCHIO, MISHEL UNAR, SELENE PACHECO
Y JUAN ÁNGEL RIVERA DOMMARCO

**36 COVID-19, obesidad y enfermedades crónicas
en México**

NORMA BUENROSTRO, LESLY S. VÉJAR, SIMÓN BARQUERA
Y JUAN ÁNGEL RIVERA DOMMARCO

**46 La pandemia de la COVID-19 y el cambio de
paradigma en la investigación científica global**

MARIANA CÁRDENAS-GONZÁLEZ
Y MARÍA ELENA ÁLVAREZ-BUYLLA ROCES

**54 La modelación matemática
en los tiempos de la COVID-19**

ÁREA DE COMUNICACIÓN DEL CIMAT

TRANSICIÓN ENERGÉTICA

**61 El papel de las fuentes de energía en una transición
social y ambientalmente sustentable**

LUCA FERRARI Y OMAR MASERA

PRESENTACIÓN

LAS SALIDAS DEL LABERINTO

MARÍA ELENA ÁLVAREZ-BUYLLA ROCES

Directora General del Consejo Nacional
de Ciencia y Tecnología

La pandemia de la COVID-19 no sólo ha revelado con crudeza la fragilidad de la vida humana, sino que ha puesto de manifiesto las profundas desigualdades que surcan nuestra sociedad. Como el mítico Dédalo, nos encontramos encerrados en un laberinto que nosotros mismos construimos. Por ello, es necesario que los esfuerzos de investigación atiendan a los factores biológicos de la enfermedad, a sus dinámicas de propagación y generen mecanismos idóneos de control epidemiológico, pero también, simultáneamente, que se ocupen de las causas estructurales de las desigualdades sociales, que han hecho de este evento una catástrofe diferencial signada por la preexistente desigualdad económica, racial y de género.

En vista de lo anterior, consideramos necesario dedicar casi por completo el segundo número del *Boletín Conacyt* a explorar las ramificaciones del problema que representa la enfermedad causada por el virus del SARS-CoV-2 al vincularse con

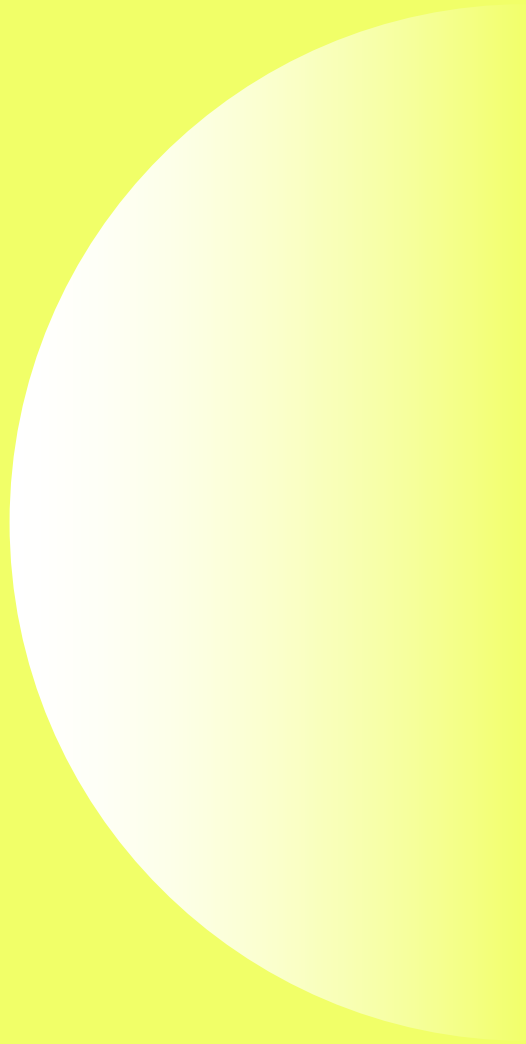
los agravantes de salud y las enfermedades crónicas preexistentes en México; con la desigualdad y la exclusión social que derivan en situaciones de vulnerabilidad sanitaria; con las condiciones impuestas por el colonialismo, el capitalismo y el patriarcado, y, por último, con la relación voraz que el ser humano moderno ha establecido con la Tierra. De esta manera, buscamos privilegiar enfoques que permitan explicar las conexiones entre los sistemas de producción dominantes y el avance de nuevos microorganismos y virus que comprometen el equilibrio entre distintas poblaciones dentro de los ecosistemas.

A su vez, en estas páginas damos cuenta de las herramientas que hemos desarrollado desde la ciencia para hacer frente a los enormes retos del presente y destacamos la importancia de la colaboración internacional en el diseño e implementación de políticas dirigidas a mejorar la salud de las diversas formas de vida que habitan el planeta. Esto se traduce en un llamado a repensar el modelo de desarrollo actual, que exige erróneamente la capacidad de sustentar un crecimiento infinito a partir de recursos naturales finitos.

Estamos convencidos de que, para salir de este laberinto, no será suficiente confiar en los avances del desarrollo tecnológico, sino que se requiere la participación de todos los sectores de la sociedad y de las instituciones que los representan para tomar decisiones acerca del rumbo colectivo que deseamos tomar. Para lograr este cometido, es fundamental establecer canales de diálogo entre distintos tipos de conocimiento situado que permitan vincular los saberes tradicionales con los nuevos avances de la investigación científica y humanística y, de esta manera, encontrar soluciones a largo plazo para los problemas que nos aquejan. Este intercambio abre la posibilidad de replantear nuestra relación con la naturaleza en aras de evitar que la *hybris* nos conduzca, como a Ícaro, hijo de Dédalo, hacia el abismo, y, en cambio, nos facilite construir colectivamente rutas para avanzar hacia la edificación de un futuro más justo.

Finalmente, anunciamos a nuestros lectores que debido a las complejas circunstancias actuales fue menester cambiar de semestral a anual la periodicidad del *Boletín Conacyt*.

COVID-19



GANAR TIEMPO

ALFREDO MIROLI

Médico Inmunólogo. Maestro en Medicina por la Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. Director del Instituto Centro Médico de Inmunología e Inmunoestética Fisiomolecular, Argentina.

Vivimos un tiempo importante de la historia. Lo recordarán nuestros nietos. Hablarán en su adolescencia y adultez de aquel año en que no pudieron ir al colegio o a la escuela, en que no salieron a jugar con sus amigos, ni los visitaron, ni los recibieron en sus hogares, en que no se reunieron los domingos con la familia, en que no frecuentaron al «nono», a la «abu», en que los humanos usábamos tapabocas, como canes con bozales.

Entendimos y entendemos el tiempo como una magnitud física usada para medir la separación entre, o la duración de, acontecimientos sometidos a un cambio que pueda percibirse por un aparato de medida o por un observador. Es un fluir constante de microsucesos que, al ordenarlos en grupos de secuencias, nos permiten hablar de *pasado*, *presente* y *futuro*. La cronología nos permite datar determinados lapsos breves (o momentos) y lapsos de mayor duración (o procesos); así, en una línea de tiempo graficamos los momentos como puntos y los procesos con líneas. Las formas para medir el tiempo y sus instrumentos son muy antiguos. Al principio se medían movi-

mientos de los astros, especialmente el movimiento aparente del Sol. De manera progresiva, se crearon instrumentos como los relojes de Sol, las clepsidras o relojes de agua, los relojes de arena y los cronómetros; luego, se fueron perfeccionando hasta llegar al reloj atómico.

En 1916, Einstein abrió la posibilidad de explorar el tiempo como una cuarta dimensión y, a partir de entonces, la curvatura del espacio-tiempo se posicionó como uno de los máximos tópicos de interés en la física. Ese año, incorporó a su teoría el efecto de la gravedad y del movimiento acelerado en los marcos de referencia, para postular así la teoría general de la relatividad. Según ésta, el espacio se deforma por la acción de la gravedad, lo cual fue confirmado en 2016 y le valió el Premio Nobel de Física 2017 a Rainer Weiss, Kip Thorne y Barry Barish por ser los primeros en detectar de forma directa las ondas gravitacionales. Su existencia fue demostrada en el Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO, por sus siglas en inglés) mediante interferometría láser. Estas ondas son producidas por los fenómenos más violentos del cosmos: explosiones de estrellas, colisiones entre estrellas de neutrones increíblemente densas o fusión de agujeros negros, y generan «arrugas» en el espacio-tiempo.



En 1927, Arthur Eddington acuñó la expresión «flecha del tiempo». A partir de entonces, se han considerado diferentes tipos de flechas temporales. Tres son las que nos interesan por ahora: la termodinámica, la cosmológica y la psicológica. La flecha termodinámica se basa en la segunda ley de la termodinámica, que indica que, en cualquier sistema cerrado, el desorden (la entropía) aumenta con el tiempo. Einstein usó la flecha cosmológica para explicar el tiempo como causado por un universo en expansión, pero se cree que el universo en algún momento empezará a colapsar (el «*big crunch*»). Finalmente, la flecha psicológica nos ayuda a percibir el tiempo. Los sucesos como hechos temporales se graban en el cerebro, fundamentalmente en la corteza prefrontal y la supraorbitaria izquierdas a través de un aumento de arborizaciones axónicas (acción de TKB endonucleares). Percibiremos como más larga en el tiempo una película aburrida, aunque en el giro de las manecillas del reloj dure siempre lo mismo.



Nuestras áreas cerebrales emotivas pueden liberar gran cantidad de neurotransmisores y hormonas relacionadas con el estrés y el malestar en la amígdala, en el diencéfalo y en el torrente sanguíneo (dinorfinas creadas por neuronas grandes del hipocampo, CRF por neuronas hipotalámicas, ACTH por la hipófisis, cortisol por la corteza suprarrenal, etc.). Al percibir con dichas áreas cerebrales este difícil tiempo que nos toca vivir, se genera en nosotros una flecha psicológica del tiempo mucho más larga y agobiante que la que marcan las manecillas de los relojes. El aislamiento social preventivo se nos vuelve intolerablemente largo, aunque no dure tanto. El bombardeo periodístico agobiante, el tsunami de mensajes de WhatsApp, el alud de videos en YouTube, entre otros estímulos, distorsionan severamente la flecha psicológica en este «nuestro tiempo en los tiempos de la pandemia por el virus SARS-CoV-2».

Se habla de aplanar paulatinamente la curva ante «el caos que se nos viene», de *ganar tiempo* para tener más camas disponibles para enfermos graves; para conseguir más respiradores



que usen los enfermos ya con SARS; para capacitar profesionales que actúen como intensivistas, aunque no lo sean; para adquirir reactivos de laboratorio necesarios para las pruebas de RT-PCR o para las generadas por técnicas CRISPR o a través del Kit Control Swab de Abbott; para fabricar máscaras, barbijos, etc.; todo ello es necesario, pero la señal de alarma se dispara en nosotros: una fatigante, eterna, flecha psicológica.

Por ello, personalmente prefiero pensar ese *ganar tiempo* desde otro ángulo: no para prepararse ante «el caos», ante «lo que se viene», sino para la ciencia de este tiempo que nos toca vivir, que hemos llamado año 2020 d. C.

Pongamos por ejemplo el caso de la viruela. Tenemos datos claros sobre alguna de sus cuatro variedades desde los principios de la escritura, hace unos diez mil años. A mediados de 1718, *lady* Wortley Montagu regresó a Inglaterra desde Turquía, con sus hijas inoculadas con pus de las pústulas de las vacas. Poco después, en 1798, Edward Jenner hizo lo mismo

y publicó científicamente sus resultados; así se inició lo que, a partir de entonces –aunque ya no provengan de vacas– llamamos vacunas. Debimos esperar hasta 1940 para que se aislara el virus de la viruela, y pasaron 22 años más para saber que se trataba de ADN de doble cadena. Hasta 1990 se secuenciaron sus genes. Fueron milenios.

Entre 1346 y 1347, la peste bubónica o negra mató aproximadamente a la mitad de la población europea de entonces. Transcurrieron casi 550 años hasta que, en 1894, Alexandre Yersin aisló al bacilo que la provoca. Fueron centurias.

En 1981, Michael Gottlieb, en San Francisco, anunció una nueva inmunodeficiencia, que luego fue llamada SIDA. Sólo dos años después, en 1983, Luc Montagnier y sus colaboradores aislaron el virus del VIH. En 1984, se lograron reactivos de laboratorio para el estudio de la población y de donantes de sangre y órganos. En 1985, inició el ensayo del primer medicamento contra este retrovirus, la 2,3-didesoxi-3-azidotimidina (AZT), y en 1990 ya conocíamos su genoma completo así como las variantes genotípicas mundiales: los virus VIH-1 (genotipos A, B, C, D, E, F, G, H y O) y la otra, el VIH-2. Fueron décadas.

En cada caso, los lapsos fueron propios de la ciencia de esos tiempos.

A principios de diciembre de 2019, en Wuhan, China, se anunciaron casos de un nuevo Síndrome Respiratorio Agudo Severo (SARS, por sus siglas en inglés). En menos de 40 días, el 8 de enero de 2020, ya se conocía no sólo su agente, sino que además se publicó la secuencia entera de su genoma. En febrero se descifró toda la secuencia aminoacídica y se obtuvo la cristalografía de su enzima principal, la M^{pro} o 3CL, y las otras tres proteasas accesorias. En marzo, ya contábamos con los genomas completos de tres genotipos bien definidos y absolutamente secuenciados: los SARS-CoV-2 (A, B y C).

A fines de marzo, en menos de cien días, existían 72 medicamentos diferentes en ensayo para quienes ya habían contraído el padecimiento. Entre ellos, se cuentan medicamentos que resultaron eficaces contra otros virus (Ébola Marburgo, Ébola Zaire, Ébola Sudán, el virus de la influenza y el VIH), y se

ensayaba la eficacia del lopinavir, ritonavir, favipiravir, remdesivir, oseltamivir, etcétera. Otros eran antiparasitarios, como la ivermectina; otros, específicos para la proteasa principal de este virus –la M^{PRO} o 3CL–, como el p13. Unos más no actúan contra las enzimas del virus o la polimerasa celular que lo copia, sino contra los procesos inflamatorios que ocurren en los pulmones –lo que la prensa bautizó como «tormenta citoquímica» y que en ciencia llamamos SIRS–: hidroxicloroquina, tocilizumab, sarilumab, anakinra. Existen otros tratamientos con el mismo objetivo, pero que buscan inhibir las quinasas asociadas al gen Janus, las JAK-1 y JAK-2, como el ruxolitinib. Contamos también con tratamientos que inmunizan inespecíficamente con BCG o pasivamente, como la transferencia de plasma de sobrevivientes con IgG neutralizantes contra el dominio N-terminal de la GpSpike del virus. También se analizaron medicamentos para quienes no portan el virus: vacunas preventivas. Ocho proyectos diferentes existían ya para fines de marzo, y tres, en ensayo en humanos. La más prometedora, desarrollada por un ayudante que hace cinco años no teníamos –la llamada IA (Inteligencia Artificial)–, es la vacuna mRNA-1273.

Todo esto aconteció no en centurias, no en décadas, no en lustros; toda esta maravilla ocurrió en sólo tres meses y medio.

Éste es nuestro tiempo, y éste es el tiempo que debemos *ganar*, tiempo no para «el caos que se viene» sino para las soluciones que muy pronto llegarán.

Tal pensamiento y convicción nos ayuda a que la flecha psicológica se presente más corta en nuestro cerebro, más breve que el movimiento de las manecillas de un reloj.

Sabemos que debemos cuidarnos, aislarnos, lavarnos las manos, guardar más de dos metros de distancia, usar barbijos para cubrir bocas y narices, usar pantallas, cubrir los ojos, etc., eso que todos en el mundo ya han escuchado casi hasta el hartazgo, porque si lo hacemos ganamos un día más para la ciencia maravillosa, exponencial, de este 2020. ♦

LA VERDADERA PANDEMIA ES LA DESIGUALDAD, NO LA COVID-19

PAUL HERSCH MARTÍNEZ

Actores Sociales de la Flora Medicinal
en México, Instituto Nacional de Antropología
e Historia (ASFM-INAH).

UN EJERCICIO DE CONTEXTO EN EPIDEMIOLOGÍA

La COVID-19 es hoy objeto de múltiples y disímiles consideraciones. Aparece como motivo de duelo y preocupación, pero también como una oportunidad de reflexión y denostación. Y ahora que todos somos epidemiólogos, virólogos, salubristas y hasta prestidigitadores, vale la pena mirar más allá de lo inmediato, o más bien mirar precisamente a través de lo inmediato: ver aquello que preside esa inmediatez.

El trabajo ha generado en nuestras sociedades cada vez más dinero y riqueza, pero a la vez más desigualdad y depresión: más comodidad y autocomplacencia en unos cuantos, y más sufrimiento e incertidumbre en muchísimos. Una visión de conjunto reconoce la relación entre el ordenamiento social dominante, selectivamente incluyente, y la virosis que tomó por asalto calles y hospitales, pero también los medios de comunicación y los ánimos. Ese asalto, sin embargo, ha sido sistemático y progresivo, y remite a un origen de larga data que no generó el virus.

México es uno de los países más desiguales de América Latina (Jusidman, 2009): la mitad de nuestra población se encuentra en condiciones de pobreza y seis de las personas más acaudaladas concentran más riqueza que 62.5 millones de compatriotas (Lawson et al., 2020). La desigualdad no es privativa de nuestro país. El año pasado, en el planeta, cerca de 600 millones de personas sobrevivieron con menos –mucho menos– de 190 dólares al mes (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2019); otros muchos, lamentablemente, no sobrevivieron. Al mismo tiempo, 2 150 millonarios acumularon más riqueza que 4 600 millones de personas. Pero si entendemos la desigualdad no sólo como la distribución inequitativa de ingresos, sino también de niveles de vida, de educación y de salud (PNUD, 2019), el término denota un fenómeno complejo y multifuncional, relacionado con la discriminación étnica, de género y de lugar de residencia (Jusidman, 2009). Si, además, desde una perspectiva epidemiológica contextual, entendemos la desigualdad como parte de un complejo estructural que abarca exclusión, desatención, ausencia programada (Santos, 2005), desechabilidad de seres humanos, colonialidad y subciudadanía, resulta manifiesto que la derivación de todo ello opera en una sinergia tan ubicua como patogénica.

Así, resulta un embuste fijar la atención exclusivamente en el virus que provoca la COVID-19, obviando las causas estructurales del problema. Esta focalización reduccionista es análoga al fenómeno de lo que en medicina se denomina escotoma.

Ahora bien, un virus es una partícula de ácido nucleico; es decir, de material genético, de moléculas largas de ADN o ARN, rodeado de un envoltorio de proteína, capaz de reproducirse a expensas de las células que invade. El virus SARS-CoV-2, que provoca la enfermedad COVID-19, consta de una cadena de ácido ribonucleico (ARN) y, como cualquier virus, no tiene vida en sí mismo: ocupa la de otros, se vale de la vida ajena. Penetra en la célula y no se distrae: va directamente a la jefatura, al lugar del que provienen las órdenes. Opera con eficacia y, de manera expedita, toma el control del núcleo celular. Una vez arrebatado el mando, instrumenta desde ahí a



la célula para sus propios fines, se apodera de ella, se reproduce vertiginosamente a su costa y en ese proceso la mata.

La metáfora está ahí, a la mano. ¿Es privativo del virus este proceder?

Un escotoma, por otra parte, es un área del campo visual no perceptible para el individuo. La palabra proviene del término griego *skótos*, que significa «tinieblas, oscuridad». Se trata de una incapacidad para captar las imágenes ajena a la voluntad de quien sufre esta condición. Es una zona de ceguera parcial que usualmente denota afectaciones de índole oftálmica o neurológica, como lesiones de retina, del nervio óptico, de las áreas visuales del cerebro, o vascular, como sucede cuando precede a algunas migrañas.

Sin embargo, existen también escotomas espurios, contruidos socialmente en el transcurso del aprendizaje humano. En principio, no se trata de incapacidades de origen orgánico y expresión fisiológica, sino social. Aprendemos a ver, pero también aprendemos a *no ver*. Incorporamos ciertas visiones ajenas, prestadas o impuestas como si fueran nuestras. De ahí proviene la necesidad de esa vigilancia epistemológica que constituye un referente en la búsqueda de conocimiento: el no asumir esas impresiones, propias o ajenas —aunque tengan una razón de ser—, como hechos ciertos o definitivos.

Así, desde otra perspectiva, ante la COVID-19 atestigüamos el encuentro de una partícula de ARN con un escotoma.

Desde un enfoque contextual, la partícula de ácido ribonucleico se monta en el caballo de la desigualdad y, desde ahí, a galope, desigualmente se proyecta y daña. Se podría montar en una mula rejega, o de plano ir cojeando, con riesgo de no llegar a su destino. Pero lo hace «en caballo de hacienda» y a galope, porque nuestra sociedad pone a su disposición un brioso corcel. Siguiendo la metáfora, el virus no cría caballos, simplemente los monta. Sin ignorar su potencial de daño a la salud, el virus nos revela la condición del terreno, los vehículos que ponemos a su disposición; es decir, nos deja ver la naturaleza social de la desigual distribución de oportunidades. La COVID-19 pone de manifiesto la distribución diferencial del daño evitable. Asimismo, refleja las dinámicas y los alcances de la desatención y la incuria, de las cuales se vale. Nos revela que la damnificación no es ni democrática ni igualitaria ni aleatoria, sino selectiva, tal como se ha dado con los sismos en México (Hersch, 2017).

Por eso los respiradores, las mascarillas N95, las camas y tantos otros recursos no se distribuyen aleatoriamente; la damnificación estructural que existe, con o sin la partícula de ARN, no depende del virus: éste sólo nos la muestra al vulnerar la salud. La privatización de los servicios, la comercialización de la atención médica, la mercantilización del sufrimiento, la venta de compasión, de respeto, de existencia, de sobrevida, todo entra en la cuenta. Tal vez la partícula de ARN nos restriega en la cara (sin cubrebocas), y tal vez menos en la conciencia, el grado al que ha llegado la naturalización de la desigualdad y la exclusión en nuestra sociedad; pone de relieve lo soslayado: la ya asumida programación política y económica –y, por consiguiente, la vulnerabilidad sanitaria– de los selectivamente ausentados, de los descartables (Fassin, 2018). Con la mitad de la población en la pobreza, existen quienes, acomodados, descalifican a quienes no se encierran, pasando por alto que algunos de ellos salen aún a la calle impelidos por la necesidad, aunque de hecho viven, normal y paradójicamente, con-

finados en un cerco de miseria que no requiere de microscopía electrónica para ser identificado.

Así, la incapacidad para apegarse a medidas sanitarias de respuesta eficaz revela esa damnificación estructural, pero también su efecto diferencial. El mismo confinamiento –medida radical, esencialmente pertinente y aplicable para todos– se convierte, al entrar en contacto con la realidad social, en una medida selectiva que proyecta la desigualdad y la exclusión de base, porque las condiciones de confinamiento no son parejas: hay quienes no tienen acceso suficiente a los satisfactores básicos y ni siquiera en condiciones «normales» cuentan con un lugar digno donde confinarse, de forma que el virus (y en este caso el confinamiento prescrito) viene a ponernos frente al espejo, de nuevo.

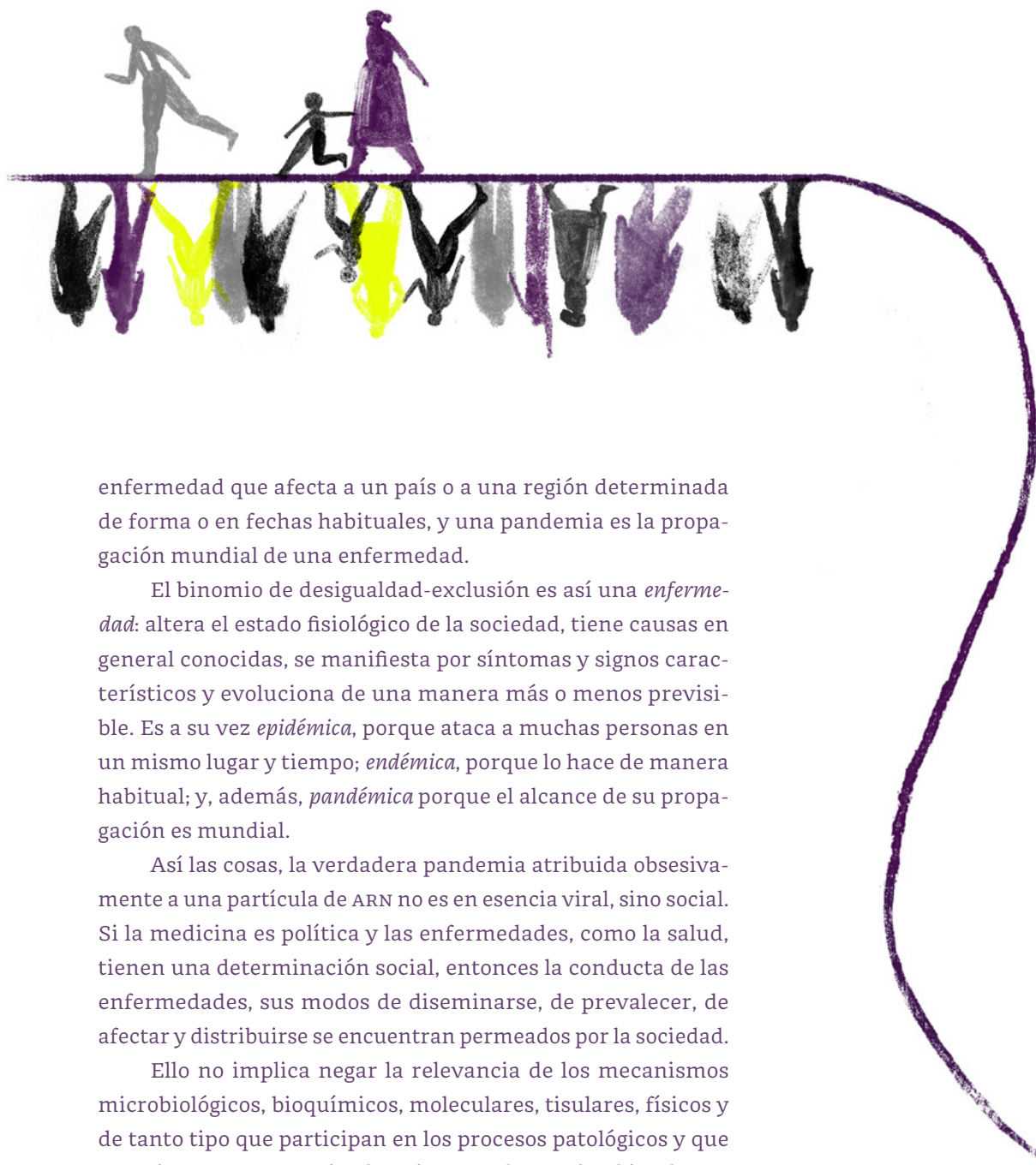
Y si las condiciones del terreno social son diferenciales, las del terreno fisiológico del individuo, los cuerpos y los sueños de los afectables, sus esperanzas y sus miedos también lo son: la obesidad, la hipertensión, la diabetes, el feminicidio, el racismo, la inseguridad, etcétera, se instalan cuando disponen de condiciones para ello, y en ellos encuentran terreno fértil enfermedades como la COVID-19. La semilla, con sustrato, germina.

Por su parte, el escotoma social tampoco es aleatorio: si el de tipo neurológico o vascular puede dar pistas de su origen por su ubicación, el escotoma social, el implantado o autoimplantado, es también selectivo: no se ve aquello que incomoda, ni de lo propio ni de lo ajeno. Así, en este panorama a modo, el virus es el único protagonista y ello resulta funcional porque permite que el resto del asunto quede, como suele pasar, en la sombra.



LA POTENCIALIZACIÓN DE LAS ENDEMIAS

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), una enfermedad es una alteración del estado fisiológico en una o varias partes del cuerpo, por causas en general conocidas y que se manifiesta en síntomas y signos característicos, con una evolución más o menos previsible. Una epidemia, a su vez, es una enfermedad que ataca a gran número de personas o animales en un mismo lugar y un mismo periodo; una endemia es una



enfermedad que afecta a un país o a una región determinada de forma o en fechas habituales, y una pandemia es la propagación mundial de una enfermedad.

El binomio de desigualdad-exclusión es así una *enfermedad*: altera el estado fisiológico de la sociedad, tiene causas en general conocidas, se manifiesta por síntomas y signos característicos y evoluciona de una manera más o menos previsible. Es a su vez *epidémica*, porque ataca a muchas personas en un mismo lugar y tiempo; *endémica*, porque lo hace de manera habitual; y, además, *pandémica* porque el alcance de su propagación es mundial.

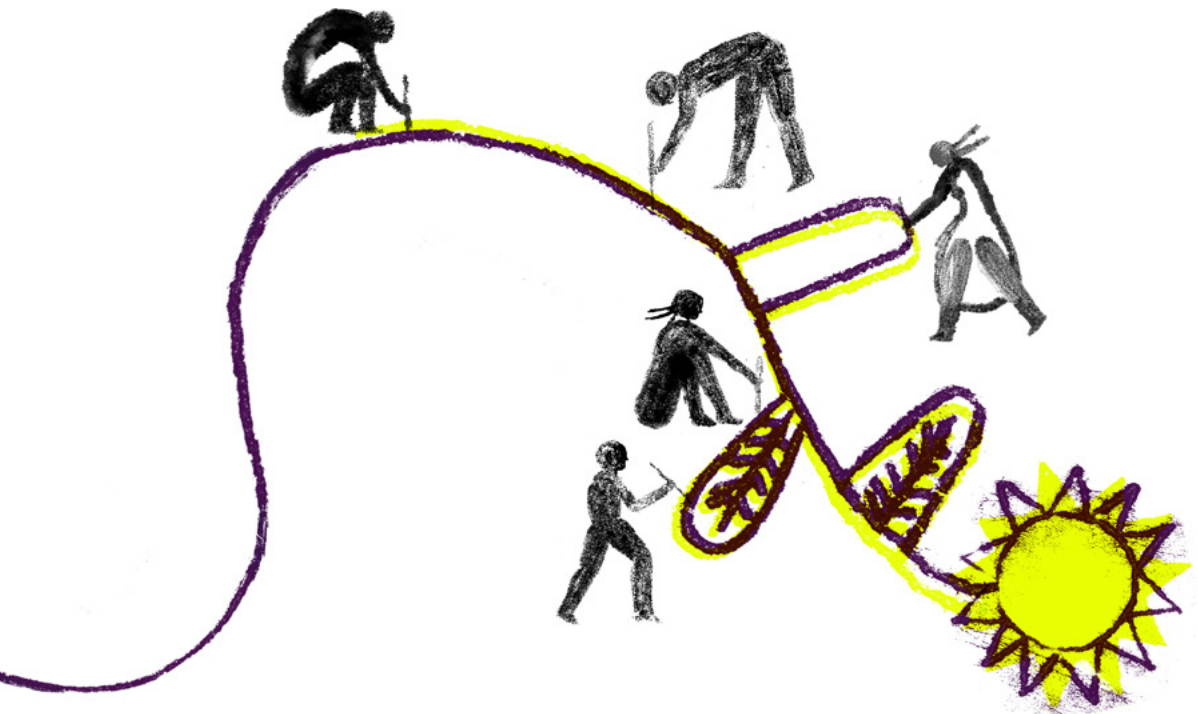
Así las cosas, la verdadera pandemia atribuida obsesivamente a una partícula de ARN no es en esencia viral, sino social. Si la medicina es política y las enfermedades, como la salud, tienen una determinación social, entonces la conducta de las enfermedades, sus modos de diseminarse, de prevalecer, de afectar y distribuirse se encuentran permeados por la sociedad.

Ello no implica negar la relevancia de los mecanismos microbiológicos, bioquímicos, moleculares, tisulares, físicos y de tanto tipo que participan en los procesos patológicos y que necesitan ser caracterizados, sino que demanda ubicarlos en

su contexto; es decir, implica explorar de qué causa son efectos: cuál es precisamente el carácter o alcance social de la diseminación de las enfermedades y muertes, en particular de aquéllas que son evitables. Ésta es de hecho la palabra clave: *evitabilidad*, porque la conciencia de lo evitable remite precisamente a una responsabilidad humana ante la determinación social de los daños a la salud.

Así, desde una epidemiología incluyente –es decir, coherente con su definición misma–, el que una infección sea endémica, o inclusive pandémica, conlleva procesos de determinación social por explorar, denunciar y resolver. La desigualdad marca su impronta en los cuerpos humanos (Fassin, 1996).

Dos ejemplos de ello están a la mano. Uno es el perfil de los sujetos que presentan mayor vulnerabilidad al ataque viral. Ellos ya portan en su cuerpo su extracción de clase, su proveniencia cultural, su adscripción de género y portan, también, la impronta de sus condiciones de vida, ambientales, laborales, etcétera. Su organismo es o no, en virtud de ello, terreno propicio para la replicación del virus, y esto no es mérito de la cadena molecular del ARN; lo anterior, en cuanto a la vulnerabilidad construida del individuo como tal y en colectividad. La otra cara de la moneda en este binomio es la precarización de la salud pública impulsada en el proceso de privatización de la atención médica estimulado en nuestro país



en el transcurso de los sexenios previos (López-Arellano y Jarillo-Soto, 2017). Hablamos de la ausencia sanitaria programada por un sector de la población y la ley del «sálvese quien pueda». Y tampoco esto es mérito de la diminuta partícula de ácido ribonucleico.

Es decir, al oportunista lo hace la oportunidad y también la mala entraña ya inherente a su naturaleza, en este caso su configuración molecular y su vocación parasitaria. El desmantelamiento de la salud pública –revelado en la aminoración de la calidad, la falta de accesibilidad y la baja eficacia de los servicios– determina en gran medida la letalidad de la virosis, que es la proporción de personas que mueren por una enfermedad entre los afectados por la misma en un periodo y área determinados.

Ahora bien, cuando se habla de lo habitual en epidemiología y en particular de las «enfermedades habituales» como situaciones «normales», aparecen las endemias. Y lo usual, en términos sociales, es algo que termina por naturalizarse. De ahí la invisibilidad de endemias sociales que se potencializan entre sí, y es esa sinergia la verdadera pandemia: el despliegue disparado por una conjunción de procesos ya arraigados, endémicos. Si el virus se vale de la célula y usurpa su control, en otra escala se vale a su vez del ordenamiento social excluyente que le permite saltar del alcance celular al colectivo.

Así, la pandemia en curso es el alcance mundial de la sinergia de las endemias sociales de exclusión y desigualdad, efecto conjunto de la *mercantilización a ultranza* de todo en esta etapa del capitalismo, de la ausencia de *democracia* participativa real, de la *colonialidad* –con su jerarquización impuesta pero naturalizada de seres humanos, saberes, lugares y sentires (Restrepo y Rojas, 2010)–, del patriarcado y de la depredación sistemática de la vida. En su potencialización, esta síntesis tóxica –inérita en su capacidad de damnificación global y de producción diversificada de sufrimiento en las vidas de los damnificables concretos que a su vez genera– tiene el alcance global de una pandemia clásica. Sin embargo, la minimización de estas endemias causales y de su alcance conjunto conforma precisamente el escotoma socialmente construido.

En lugar de la necesaria y sana *escepticismo* que prescribía Skrabanek (1999), tenemos la sangre saturada de noticias y pseudonoticias de todo tipo. Los locutores se han convertido en epidemiólogos. Si se analizan los mensajes que dominan las llamadas «redes» –que en rigor lo son, pero a menudo de alienación– vemos que esta contingencia es objeto de información y reflexión verdadera, pero a su vez de manipulación, de falsedades, de llamados milenaristas al pensamiento mágico, de campañas políticas de desprestigio, de campañas personales de autodesprestigio y, en

particular, son el vehículo de implantación y diseminación del escotoma social referido, que consiste en este caso y en resumidas cuentas, en la construcción de una partícula de ARN como causa sin causa, como «chivo expiatorio», cargando una malignidad que no es viral ni suya, sino que es social y nuestra. Es decir, el virus *puede* porque como sociedad lo facultamos para ello. Y damnifica a unos, y no a otros, por lo mismo.

Con las medidas de confinamiento preconizadas para disminuir los contagios, la verdadera pandemia madre se plasma en una cartografía geopolítica: ahí donde hay recursos, el encierro es posible, y ahí donde se vive al día, el encierro potencializa el daño. Asimismo, se expresa en función de cómo esa sinergia patogénica determina la configuración de las condiciones particulares de vida de los individuos, previas a cualquier virus.

Entonces, el objeto de la epidemiología es una cadena de encuentros. Las causas tienen causas. En una cadena sin sentido, lo determinado determina. Nosotros mismos somos *causa y efecto*, tal vez porque no llegamos a ser de manera significativa en otros, *ni pausa, ni afecto*. Alguien se topa con un virus y puede morir como consecuencia de ese encuentro, y puede ser que no haya siquiera quien recoja en días su cadáver abandonado en la vía pública. Otro, en cambio, se topa con otro virus exactamente de la misma ralea y ni siquiera se percata de ello. La muerte del primero no terminará ahí. Termina para quien se muere, pero esa muerte se prolonga: a su vez, nutrirá otros procesos causales, será a su vez un final y un inicio. Y lo que hace posible esa cadena sin sentido es nuestro «ordenamiento» social patogénico.

Confundimos las causas con las consecuencias. Se afirma que las consecuencias de una virosis por su extensión y su letalidad pueden ser, en un extremo, el colapso de un sistema de atención médica o el miedo diseminado. Pero ésas constituyen a su vez expresiones: son, en la terminología médica, signos (manifestaciones objetivas) o síntomas (manifestaciones subjetivas). Sin embargo, ni el colapso de ese sistema médico ni el miedo diseminado son estrictamente consecuencia lineal ni directa de la virosis, como tampoco es suficiente la capacidad

nociva del virus; es decir, su patogenicidad para enfermar y matar. Y aquí cabe recordar justamente lo que Santos advierte sobre la distribución diferencial del miedo y la esperanza en nuestra sociedad, así como sobre la incertidumbre abismal de aquéllos que, sin asomo alguno de esperanza, viven en la certeza del destino de tener que sufrir el mundo por injusto que sea (2016, p. 331).

Toda sería vicisitud, toda adversidad de consideración, coloca a las sociedades y a los individuos en condiciones tales que ponen de manifiesto su trama profunda de posibilidades y contradicciones, usualmente desapercibida. Son los momentos críticos, en efecto, los que ponen a prueba la integridad y coherencia de los organismos, de los seres humanos y de las estructuras.

El daño evitable a la salud tiene una causalidad estructural. Los procesos de desatención e incuria que subyacen en la damnificación, como los procesos de atención y cuidado que subyacen en la salud –aun ubicables en sus coordenadas biológicas y físicas particulares–, tienen una determinación social. Y en este tenor, las graves consecuencias económicas de la pandemia tampoco son mérito del virus, que en realidad no es una partícula de ARN, sino una minúscula gota de agua que derrama un vaso rebosante de desigualdad y exclusión.

Así que no es el virus la verdadera pandemia: es la sinergia patogénica de nuestras endemias sociales, estructurada a partir de tres procesos de desigualdad y exclusión íntimamente vinculados: el capitalismo, la colonialidad y el patriarcado. Su sinergia le confiere protagonismo a una diminuta partícula de ARN y determina así el alcance de una virosis.

Ojalá éstas sólo fueran palabras, entelequias o abstracciones, pero no lo son. Esos tres puntales actúan en sinergia, con un poder y capacidad de diseminación tales que rebasan, en tiempo y espacio, al de cualquier virus: configuran el terreno patogénico base donde, a través de la desigualdad y la exclusión, se expresan diversas modalidades de daño, persistentes y ubicuas, que tienen ya hoy un alcance planetario. Visibilizar ese terreno patogénico y sus determinantes es un paso fundamental para incidir en el proceso. ♦

REFERENCIAS

- De Sousa Santos, B. (2005). *El milenio huérfano. Ensayos para una nueva cultura política*. Trotta.
- De Sousa Santos, B. (2016). *La difícil democracia. Una mirada desde la periferia europea*. Akal.
- Fassin, D. (1996). *L'espace politique de la santé. Essai de généalogie*. Presses Universitaires de France.
- Fassin, D. (2018). *Por una repolitización del mundo. Las vidas descartables como desafío del siglo xx*. Siglo XXI Editores.
- Hersch, P. (2013). Epidemiología sociocultural: una perspectiva necesaria. *Salud Pública de México*, 55(5), septiembre-octubre de 2013, 512-518. <https://doi.org/10.21149/spm.v55i5.7252>
- Hersch, P. (2017). La dimensión política y epidemiológica de un terremoto: apuntes en torno a la damnificación naturalizada. *En el Volcán Insurgente*, 50, julio-septiembre de 2017, 28-59. <http://enelvolcan.com/ediciones/2017/50-julioseptiembre-2017>
- Jusidman, C. (2009). Desigualdad y política social en México. *Nueva Sociedad*, 220, 190-206.
- Lawson, M. et al. (20 de enero de 2020). *Tiempo para el cuidado. El trabajo de cuidados y la crisis global de desigualdad*. Oxfam International. <https://oxfamilibrary.openrepository.com/bitstream/handle/10546/620928/bp-time-to-care-inequality-200120-es.pdf>
- López-Arellano, O. y Jarillo-Soto, E. C. (2017). La reforma neoliberal de un sistema de salud: evidencia del caso mexicano. *Cadernos de Saúde Pública*, 33, Sup. 2:e00087416. <http://www.scielo.br/pdf/csp/v33s2/1678-4464-csp-33-s2-e00087416.pdf>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2019). *Informe sobre desarrollo humano 2019. Más allá de los ingresos, más allá de los promedios, más allá del presente: desigualdad del desarrollo humano en el siglo xxi*. PNUD. http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2019_es.pdf
- Restrepo, E. y Rojas, A. (2010). *Inflexión decolonial: fuentes, conceptos y cuestionamientos*. Editorial Universidad del Cauca.
- Skrabanek, P. (1999). *La muerte de la medicina con rostro humano*. Díaz de Santos.

EFECTOS DE LA COVID-19 EN LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y ESTADO DE NUTRICIÓN EN NIÑOS Y NIÑAS EN MÉXICO

ANABELLE BONVECCHIO

MISHEL UNAR

SELENE PACHECO

JUAN ÁNGEL RIVERA DOMMARCO

Instituto Nacional de Salud Pública



La nutrición adecuada en los infantes menores de cinco años, en especial durante los primeros mil días de vida –que van desde la concepción hasta los dos años–, es fundamental para la promoción del crecimiento, la salud y el desarrollo óptimo de los individuos (Black *et al.*, 2013).

La buena nutrición es esencial para el desarrollo de las defensas de un individuo contra las infecciones, incluyendo aquella causada por el virus SARS-CoV-2. Las personas con desnutrición tienen sistemas inmunes más débiles, lo que los pone en mayor riesgo de enfermedad grave ante la COVID-19. Al mismo tiempo, una alimentación no saludable provoca obesidad y diabetes, ambas fuertemente relacionadas con las manifestaciones más severas de la enfermedad, incluido un mayor riesgo de hospitalización y muerte (Global Nutrition Report, 2020).

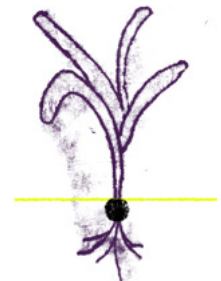
Los niños con desnutrición tienen una mayor susceptibilidad a las infecciones, al retardo en el crecimiento físico y en el desarrollo cognitivo, a un menor rendimiento escolar,

y una mayor predisposición a desarrollar enfermedades crónicas como diabetes, hipertensión y cardiopatías a lo largo de sus vidas, así como a presentar menor productividad y potencial de ingresos en su adultez (Hoddinott *et al.*, 2008; Black *et al.*, 2008). Por su parte, la anemia y las deficiencias de micronutrientes también tienen repercusiones en el desarrollo cognoscitivo, el crecimiento, la función inmune y, por lo tanto, en la resistencia a las infecciones y en la falta de apetito (Freire, 1998; Wieringa, Dijkhuizen y Berger, 2012; Haider y Bhutta, 2009).

SITUACIÓN DE INSEGURIDAD ALIMENTARIA Y ESTADO NUTRICIONAL DE LA POBLACIÓN ANTE LA COVID-19

Las mujeres y los niños de los hogares más pobres presentan un estado nutricional y de salud deficiente, que sufren como consecuencia de las desigualdades y por estar en desventaja social; por ende, son más vulnerables a esta pandemia (Global Nutrition Report, 2020). La inseguridad alimentaria, que se define como la incapacidad para satisfacer las necesidades alimentarias mínimas durante un periodo prolongado (Food and Agriculture Organization [FAO], 2011b), se asocia fuertemente al estado de nutrición de niños y mujeres (Shamah-Levy *et al.*, 2014). De acuerdo con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) (Instituto Nacional de Salud Pública [INSP], 2018), en México el 55.5% de los hogares presenta algún grado de inseguridad alimentaria (IA), distribuida de la siguiente manera: 32.8% con IA leve (30.4% en áreas urbanas y 40.6% en rurales), y 22.7% con IA de moderada a severa (moderada: 13% urbanas y 17.8% rurales; severa: 7.7% urbanas y 11.3% rurales) (INSP, 2018).

Asimismo, en México coexisten la desnutrición crónica, la deficiencia de micronutrientes y el sobrepeso y obesidad en niños pequeños, lo que se conoce como la triple carga de la mala nutrición (Pérez-Ferrer *et al.*, 2018). En 2018, el 14.2% de los menores de cinco años sufrió desnutrición crónica; 4.8%, bajo peso; y 1.4%, emaciación (INSP, 2018). La prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad fue de 6.8% en infantes de edad preescolar (INSP, 2018), lo cual aumenta el desarrollo temprano de enfermedades crónicas (Sahoo *et al.*, 2015). Esta



situación nutricional incrementa el riesgo de la población ante la pandemia de la COVID-19. Por otra parte, la anemia afectó a 1.2 millones de mujeres embarazadas (34.9%) (INSP, 2018) y a 2.5 millones de niños en edad preescolar (32.5%) (INSP, 2018). Dentro de este grupo, casi la mitad de los menores entre 12 y 23 meses de edad presentaron anemia (48.2%), y fueron los más afectados por esta condición. Sólo 49.4% de los menores de 6 a 11 meses y el 67.5% de 12 a 23 meses consumieron alimentos ricos en hierro (González-Castell *et al.*, 2020). Por otra parte, la deficiencia de zinc afectó al 18.6% de los infantes de 1 a 4 años, principalmente en los sectores más pobres (23.4% contra 9.9%) (De la Cruz-Góngora *et al.*, 2019).

IMPACTO DE LA COVID-19 EN LA SALUD, ECONOMÍA, INSEGURIDAD ALIMENTARIA Y ESTADO NUTRICIONAL

A pesar de que las tasas de mortalidad por la COVID-19 parecen ser bajas en niños y en mujeres en edad reproductiva, estos grupos podrían verse desproporcionadamente afectados por la interrupción de los servicios de salud de rutina, lo que podría suscitar un aumento sustancial en la mortalidad materna e infantil en países de bajos y medianos ingresos (Roberton *et al.*, 2020; Osendarp *et al.*, 2020).

Si bien a corto plazo la oferta alimentaria en México y en la mayoría de los países de América Latina se ha visto poco afectada durante la pandemia (FAO, 2020a), se estima que a causa de las medidas de cierre por la emergencia los sistemas alimentarios se vean afectados a mediano y largo plazo debido a la menor producción o distribución de alimentos y a la escasez de oferta, lo que puede provocar un aumento en los precios (FAO, 2020b).

México es una sociedad altamente desigual. Una gran parte de su población vive en la pobreza y subsiste en el sector informal de la economía; este contexto ha planteado grandes desafíos para el éxito de las medidas de distanciamiento social, ya que muchas personas no pueden permitirse quedarse en casa (Vilar-Compte *et al.*, 2020).

De acuerdo con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval), la crisis por la COVID-19

afectará principalmente a los grupos de la población más vulnerables y amenaza con revertir los avances en materia de desarrollo social alcanzados por el país (2020). El Coneval estimó que, en el primer trimestre de 2021, el porcentaje de la población con un salario inferior al costo de la canasta básica aumentó de 31.7% a 36.4% en zonas urbanas y de 48.0% a 48.9% en zonas rurales, en comparación con el primer trimestre de 2020, lo que generó un incremento de la población en condición de vulnerabilidad, inseguridad y pobreza (2021b).

Aunado a lo anterior, la encuesta ENCOVID19 (Universidad Iberoamericana, 2020) estimó que, en marzo y abril de 2020, entre 5.2 y 8.1 millones de personas perdieron su empleo, fueron «descansadas» o no pudieron salir a buscar trabajo por la pandemia, además de que en uno de cada tres hogares hubo una pérdida de 50%, o más, en los ingresos respecto al mes anterior.

La evidencia demuestra que las situaciones de emergencia y crisis económicas profundizan la inseguridad alimentaria entre las poblaciones vulnerables, sobre todo en aquéllas que destinan una gran parte de sus ingresos a la compra de alimentos (De Pee *et al.*, 2010; Vilar-Compte *et al.*, 2015). Los altos precios de los alimentos reducen la diversidad, la calidad nutricional de la dieta y la cantidad de alimentos disponibles en el hogar (De Pee *et al.*, 2010). Los grupos vulnerables de la población se ven obli-

gados a modificar su alimentación por medio del incremento en el consumo de alimentos ricos en energía, azúcar, sal y grasa, de baja calidad nutricional, ampliamente disponibles y frecuentemente de bajo costo. Por otro lado, también se ven forzados a disminuir el consumo de alimentos frescos, como los de origen animal, verduras y frutas, que en algunos casos son más costosos (Brinkman *et al.*, 2010). La reducción del consumo de alimentos saludables deteriora la calidad de la dieta, de por sí mala, de las familias mexicanas (Aburto *et al.*, 2016). Además, la reducción de la cantidad de alimentos consumidos afecta el estado de nutrición, aumenta las deficiencias de micronutrientes, provoca retardo del crecimiento e incrementa la morbilidad y mortalidad por enfermedades infecciosas, particularmente entre los grupos de población con necesidades determinadas, como los niños pequeños y las mujeres embarazadas y lactantes (Sari *et al.*, 2010; Darnton-Hill y Cogill, 2010). Un estudio sobre la crisis financiera de 2008 en México documentó que los hogares más vulnerables antes de dicha crisis sufrieron un efecto mayor en sus niveles de inseguridad alimentaria, lo que puede también profundizar las desigualdades sociales y de salud (Vilar-Compte *et al.*, 2015). Asimismo, el porcentaje de hogares con menores de edad que sufren inseguridad alimentaria se incrementó de 46% a 56% entre 2008 y 2009 (UNICEF-Coneval, 2010).

¿QUÉ PODEMOS HACER?

Según el Informe de la Nutrición Mundial 2020, los niveles de hambre y desnutrición podrían duplicarse en tan sólo unas pocas semanas; por lo tanto, a medida que se adoptan estrategias para frenar la propagación de la COVID-19, se deben también asegurar medidas para contener el impacto socioeconómico de la pandemia (INSP, 2018). El impacto desigual de las medidas de distanciamiento podría exacerbar las desigualdades existentes; por ende, resulta clave implementar políticas de protección social adecuadas mientras dure la pandemia y se extiendan sus consecuencias (Vilar-Compte *et al.*, 2020). Se debe garantizar que las madres embarazadas y en periodo de lactancia que viven en condición de pobreza o vulnerabilidad social accedan a alimentos suficientes y nutritivos que les permitan llevar estos procesos de forma saludable, así como garantizar la adecuada alimentación complementaria de sus hijos de seis meses a dos años —la etapa de mayor vulnerabilidad biológica—, principalmente en las grandes ciudades, donde el impacto por la COVID-19 ha sido mayor en términos de la reducción del ingreso.

En la actualidad, en México no contamos con un programa nacional consolidado, con recursos presupuestales para la prevención de la mala nutrición, enfocado en la ventana de los mil días, que pueda contener el impacto económico que la pandemia de la COVID-19 tendrá en el estado de nutrición y salud de los grupos económicamente más vulnerables. Si bien ya fue presentada la Estrategia Nacional de Atención a la Primera Infancia (ENAPI), que representa la política integral para el desarrollo de la primera infancia de esta administración, aún no se le ha asignado presupuesto suficiente que se traduzca en acciones concretas. Lo mismo sucede con el recién publicado Programa Nacional para la Protección de las Niñas, Niños y Adolescentes (Pronapinna). Es, entonces, un buen momento para crear un fondo presupuestal de emergencia para la protección de la nutrición de estos grupos vulnerables.

Por otra parte, el Programa de Asistencia Social Alimentaria en los Primeros 1 000 Días de Vida —a cargo de los Sistemas Nacional, Estatal y Municipal para el Desarrollo Integral de la

Familia (SNDIF, SEDIF y SMDIF), que contemplan la distribución de canastas alimentarias para este grupo de población en localidades de alta y muy alta marginación— es un programa de reciente creación, por lo que muchos estados se encuentran en el proceso de licitación de los insumos y se desconoce la fase de su implementación a nivel nacional y el número de beneficiarios. A partir de lo dicho, se recomienda ampliar, fortalecer y consolidar este programa a corto plazo para reducir los efectos de la pandemia en la población más vulnerable. Además, se sugiere evaluar la factibilidad de la entrega de transferencias no condicionadas en efectivo para la compra de alimentos por un monto mínimo equivalente a la canasta alimentaria establecida por el Coneval (\$1 710.44 en entornos urbanos y \$1 229.43, en los rurales) (2021a). La modalidad de transferencias en efectivo podría ser más compatible con la medida de distanciamiento social, ya que evitaría las reuniones masivas que acaso generen las distribuciones de alimentos y que fomentarían la propagación del virus, además de que ofrecen un potencial apoyo a la economía local (FAO, 2011a). En poblaciones donde la pandemia afecte la disponibilidad de alimentos, se puede optar por la entrega de canastas. Se ha documentado que la entrega de efectivo aumenta el gasto en alimentos y la diversidad dietética en el hogar (García-Guerra *et al.*, 2019) con el mismo efecto y a menor costo que si se entregara una canasta de alimentos (Skoufias *et al.*, 2013). También podría valorarse la entrega de cupones específicos para canje por alimentos saludables disponibles en tiendas de las localidades o en tiendas Segalmex.

Es importante intensificar los programas y servicios para proteger, promover y apoyar la lactancia materna. Para ello, también exhortamos a los gobiernos a no solicitar, aceptar o distribuir donaciones de fórmulas infantiles y otros sucedáneos de leche materna que ponen en riesgo aun mayor la salud y supervivencia de los niños menores de 24 meses (World Health Organization, 1981).

El consumo de alimentos de origen animal y la suplementación con micronutrientes es particularmente relevan-





te en las situaciones de emergencia. Considerando el aumento en las cifras de anemia reportadas en la ENSANUT 2018, se sugiere la suplementación con micronutrientes en las zonas más pobres y afectadas por la COVID-19 a través de tabletas de micronutrientes múltiples para mujeres embarazadas y lactantes (Haider y Bhutta, 2015; Nutrition International, 2019; Multiple Micronutrient Supplementation in Pregnancy, 2020). Para infantes de seis meses a dos años en condición de inseguridad alimentaria, se sugieren alimentos complementarios fortificados; en caso de no haber inseguridad alimentaria, polvos de micronutrientes múltiples para fortificación casera (World Health Organization, 2019; Mahfuz *et al.*, 2016; Neufeld *et al.*, 2019). Por experiencias de programas previos, tanto Segalmex como Liconsa cuentan con la capacidad para desarrollar y producir dichos productos. Para su distribución, podría usarse el padrón de beneficiarios del Programa de Asistencia Social Alimentaria en los Primeros 1000 Días de Vida del Sistema Nacional DIF. De no ser factible, se deberá explorar la factibilidad y costo de entrega directa en los hogares o en las comunidades.

Las acciones planteadas deberán acompañarse de una estrategia de comunicación educativa para la prevención de la triple carga de la mala nutrición en el contexto de la COVID-19. La estrategia debe estar libre de conflictos de intereses, a través de medios innovadores compatibles con el distanciamiento social –como los medios de comunicación de masas y teléfonos celulares–, para así diseminar y promover mensajes clave, que incluyan la lactancia materna exclusiva siguiendo las medidas de protección contra la COVID-19, la alimentación complementaria adecuada, el consumo de verduras, frutas, leguminosas y agua potable, la compra de alimentos locales, la disminución del consumo de alimentos y bebidas ultraprocesados y la disminución del tiempo frente a pantallas, entre otros. Con estos mensajes se reconocerían las particularidades del contexto de vulnerabilidad de las familias por la pandemia de la COVID-19. ♦

REFERENCIAS

- Aburto, T. C., Pedraza, L. S., Sánchez-Pimienta, T. G., Batis, C., y Rivera, J. A. (2016). Discretionary foods have a high contribution and fruit, vegetables, and legumes have a low contribution to the total energy intake of the Mexican population. *The Journal of Nutrition*, 146(9), 1881S-1887S. <https://doi.org/10.3945/jn.115.219121>
- Black, R. E., Allen, L. H., Bhutta, Z. A. Caulfield, L. E., Onis, M. de, Ezzati, M., Mathers, C., y Rivera, J. (2008). Maternal and child undernutrition: global and regional exposures and health consequences. *The Lancet*, 371(9608), 243-260. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61690-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61690-0)
- Black, R. E., Victora, C. G., Walker, S. P., Bhutta, Z. A., Christian, P., Onis, M. de, Ezzati, M., Grantham-McGregor, S., Katz, J., Martorell, R., y Uauy, R. (2013) Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries. *The Lancet*, 382(9890), 427-451. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60937-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60937-X)
- Brinkman, H-J., De Pee, S., Sanogo, I., Subran, L., y Bloem, M. W. (2010). High food prices and the global financial crisis have reduced access to nutritious food and worsened nutritional status and health. *The Journal of Nutrition*, 140(1), 153S-161S. <https://doi.org/10.3945/jn.109.110767>
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2020). *La política social en el contexto de la pandemia por el virus SARS-CoV-2 (COVID-19) en México*. Coneval. https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/IEPSM/Documents/Politica_Social_COVID-19.pdf
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2021a). Evolución de las líneas de pobreza por ingresos. Coneval. <https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Lineas-de-bienestar-y-canasta-basica.aspx>
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2021a). El Coneval presenta información referente a la pobreza laboral al primer trimestre de 2021. Coneval. https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/ITLP-IS_resultados_a_nivel_nacional.aspx
- Darnton-Hill, I., y Cogill, B. (2010). Maternal and young child nutrition adversely affected by external shocks such as increasing global food prices. *The Journal of Nutrition*, 140(1), 162S-169S. <https://doi.org/10.3945/jn.109.111682>
- De la Cruz-Góngora, V., Martínez-Tapia, B., Cuevas-Nasu, L., Rangel-Baltazar, E., Medina-Zacarías, M. C., García-Guerra, A., Villalpando, S., Rebollar, R., y Shamah-Levy, T. (2019). Anemia, deficiencias de zinc y hierro, consumo de suplementos y morbilidad en niños mexicanos de 1 a 4 años: resultados de la ENSANUT 100k. *Salud Pública de México*, 61(6), 821-832. <https://doi.org/10.21149/10557>
- De Pee, S., Brinkman, H-J., Webb, P., Godfrey, S., Darnton-Hill, I., Alderman, H., Semba, R. D., Pwos, E., y Bloem M. W. (2010). How to ensure nutrition security in the global economic crisis to protect and enhance development of young children and our

- common future. *The Journal of Nutrition*, 140(1), 138S-142S. <https://doi.org/10.3945/jn.109.112151>
- Food and Agriculture Organization. (2011a). *The use of cash transfers in livestock emergencies and their incorporation into Livestock Emergency Guidelines and Standards (LEGS)*. FAO, Animal Production and Health Working Paper 1. <http://www.fao.org/3/i2256e/i2256e00.pdf>
- Food and Agriculture Organization. (2011b). *Una introducción a los conceptos básicos de la seguridad alimentaria*. Programa CE-FAO. <http://www.fao.org/3/al936s/al936s00.pdf>
- Food and Agriculture Organization. (2020a). Sistemas alimentarios y COVID-19 en América Latina y el Caribe: riesgos sanitarios; seguridad de los trabajadores e inocuidad. *Boletín 4*. Food and Agriculture Organization, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Naciones Unidas. <http://www.fao.org/3/ca9112es/ca9112es.pdf>
- Food and Agriculture Organization. (2020b). Sustainable crop production and COVID-19. *Boletín 4*. Food and Agriculture Organization, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Naciones Unidas. <https://doi.org/10.4060/ca8807en>
- Freire, W. B. (1998). La anemia por deficiencia de hierro: estrategias de la OPS/OMS para combatirla. *Salud Pública de México*, 4, 199-205. <https://www.scielosp.org/pdf/spm/1998.v40n2/199-205>
- García-Guerra, A., Neufeld, L. M., Bonvecchio Arenas, A., Fernández-Gaxiola, A. C., Mejía-Rodríguez, F., García-Feregrino, R., y Rivera-Dommarco, J. A. (2019). Closing the nutrition impact gap using program impact pathway analyses to inform the need for program modifications in Mexico's conditional cash transfer program. *The Journal of Nutrition*, 149(supplement 1), 2281S-2289S. <https://doi.org/10.1093/jn/nxz169>
- Global Nutrition Report. (2020). *Global nutrition report. Action on equity to end malnutrition*. Development Initiatives. <https://globalnutritionreport.org/reports/2020-global-nutrition-report/2020-global-nutrition-report-context-covid-19/>
- González-Castell, L. D., Unar-Munguía, M., Quezada-Sánchez, A. D., Bonvecchio-Arenas, A., y Rivera-Dommarco, J. (2020) Situación de las prácticas de lactancia materna y alimentación complementaria en México: resultados de la ENSANUT 2018-19. *Salud Pública de México*, 62(6), 704-13. <https://doi.org/10.21149/11567>
- Haider B. A., y Bhutta Z. A. (2009). The effect of therapeutic zinc supplementation among young children with selected infections: A review of the evidence. *Food and Nutrition Bulletin*, 30(supplement 1), S41-S59. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/15648265090301S104>
- Haider, B. A., y Bhutta, Z. A. (2015). Multiple-micronutrient supplementation for women during pregnancy. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 11(art. CD004905). <https://doi.org/10.1002/14651858.cd004905.pub4>

- Hoddinott J., Behrman J. R., Maluccio J. A., Flores R., y Martorell R. (2008). Effect of a nutritional intervention during early childhood on economic productivity among Guatemalan adults. *The Lancet*, 371(9610), 411–416. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)60205-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60205-6)
- Instituto Nacional de Salud Pública. (2018). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) 2018*. INEGI, Instituto Nacional de Salud Pública, Secretaría de Salud.
- Mahfuz, M., Alam, M. A., Islam, M. M., Mondal, D., Hossain, M. I., Shamsir Ahmed, A. M., Choudhury, N., Raihan, M. J., Haque, R., y Ahmed, T. (2016). Effect of micronutrient powder supplementation for two and four months on hemoglobin level of children 6–23 months old in a slum in Dhaka: a community based observational study. *BMC Nutrition*, 2(21). <https://doi.org/10.1186/s40795-016-0061-y>
- Multiple Micronutrient Supplementation Technical Advisory Group. (2020). *The use of Multiple Micronutrient Supplementation (MMS) for maternal nutrition and birth outcomes during the COVID-19 pandemic*. UNICEF. https://aa9276f9-f487-45a2-a3e7-8f4a61a0745d.usrfiles.com/ugd/aa9276_aa08533140e542ce9d0d5c-5fffaed63.pdf
- Neufeld, L. M., García-Guerra, A., Quezada, A. D., Théodore, F., Bonvecchio Arenas, A., Islas, C. D., García-Feregrino, R., Hernandez, A., Colchero, A., y Habicht, J. P. (2019). A fortified food can be replaced by micronutrient supplements for distribution in a Mexican social protection program based on results of a cluster-randomized trial and costing analysis. *The Journal of Nutrition*, 149(supplement 1), 2302S–2309S. <https://doi.org/10.1093/jn/nxz176>
- Nutrition International. (2019). *Effectiveness of transitioning from iron and folic acid to multiple micronutrient supplementation for pregnancy. Policy brief. Indonesia*. Nutrition International. <https://www.nutritionintl.org/wp-content/uploads/2019/10/MMS-policy-brief-indonesia-2019-10-18-web.pdf>
- Osendarp, S., Akuoku, J., Black, R., Headey, D., et al. (2020). The potential impacts of the COVID-19 crisis on maternal and child undernutrition in low and middle income countries. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-123716/v1>
- Pérez-Ferrer, C., McMunn, A., Zaninotto, P., y Brunner, E. J. (2018). The nutrition transition in Mexico 1988–2016: The role of wealth in the social patterning of obesity by education. *Public Health Nutrition*, 21(13), 2394–2401. <https://doi.org/10.1017/S1368980018001167>
- Roberton, T., Carter, E. D., Chou, V. B., Stegmueller, A. R., Jackson, B. D., Tam, Y., Sawadogo-Lewis, T., y Walker, N. (2020). Early estimates of the indirect effects of the COVID-19 pandemic on maternal and child mortality in low-income and middle-income countries: a modelling study. *The Lancet*, 8(7), E901–E908. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30229-1](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30229-1)
- Sahoo, K., Sahoo, B., Choudhury, A. K., Sofi, N. Y., Kumar R., y Bhadoria, A. S. (2015). Child-

- hood obesity: causes and consequences. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 4(2), 187-192. <https://doi.org/10.4103/2249-4863.154628>
- Sari, M., De Pee, S., Bloem, M. W., Sun, K., Thorne-Lyman, A. L., Moench-Pfanner, R., Akhter N., Kraemer, K., y Semba, R. D. (2010). Higher household expenditure on animal-source and nongrain foods lowers the risk of stunting among children 0–59 months old in Indonesia: Implications of rising food prices. *The Journal of Nutrition*, 140(1), 195S–200S. <https://doi.org/10.3945/jn.109.110858>
- Shamah-Levy, T., Mundo-Rosas, V., y Rivera-Dommarco, J. A. (2014). La magnitud de la inseguridad alimentaria en México: su relación con el estado de nutrición y con factores socioeconómicos. *Salud Pública de México*, 56(suplemento 1), S79-S85. <https://doi.org/10.21149/spm.v56s1.5169>
- Skoufias, E., Unar, M., y Gonzalez de Cossio, T. (2013). The poverty impacts of cash and in-kind transfers: experimental evidence from rural Mexico. *Journal of Development Effectiveness*, 5(4), 401-429. <https://doi.org/10.1080/19439342.2013.843578>
- UNICEF-Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2010). *La niñez y la adolescencia en el contexto de la crisis económica global: el caso de México*. UNICEF, Coneval. https://www.coneval.org.mx/rw/resource/coneval/home/Unicef/La_ninez_y_a_crisis.pdf
- Universidad Iberoamericana. (2020). *Encuesta de seguimiento de los efectos del COVID en el bienestar de los hogares mexicanos #ENCOVID 19*. Universidad Iberoamericana, Quantos, Equide. https://ibero.mx/sites/default/files/comunicado_encovid-19_completo.pdf
- Vilar-Compte, M., Sandoval-Olascoaga, S., Bernal-Stuart, A., Shimoga, S., y Vargas-Bustamante, A. (2015). The impact of the 2008 financial crisis on food security and food expenditures in Mexico: a disproportionate effect on the vulnerable. *Public health nutrition*, 18(16), 2934–2942. <https://doi.org/10.1017/S1368980014002493>
- Vilar-Compte, M., Pérez, V., Teruel, G., Alonso, A., y Pérez-Escamilla, R. (2020). Costing of actions to safeguard vulnerable Mexican households with young children from the consequences of COVID-19 social distancing measures. *International Journal for Equity in Health*, 19(70). <https://doi.org/10.1186/s12939-020-01187-3>
- Wieringa F. T., Dijkhuizen M. A., y Berger J. (2012). Consequences of micronutrient deficiency and interventions to improve micronutrient status. En Watson R. R., Grimble G., Preedy V. R., y Zibadi S. (eds.). *Nutrition in Infancy*, 1, Nutrition and Health Series, pp. 333-342. Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-224-7_23
- World Health Organization. (1981). *International code of marketing of breast-milk substitutes*. who. https://www.who.int/nutrition/publications/code_english.pdf
- World Health Organization. (2019). *Essential nutrition actions: mainstreaming nutrition through the life-course*. who. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/326261/9789241515856-eng.pdf?ua=1>

COVID-19, OBESIDAD Y ENFERMEDADES CRÓNICAS EN MÉXICO

NORMA BUENROSTRO

LESLY S. VÉJAR

SIMÓN BARQUERA

JUAN ÁNGEL RIVERA DOMMARCO

Instituto Nacional de Salud Pública

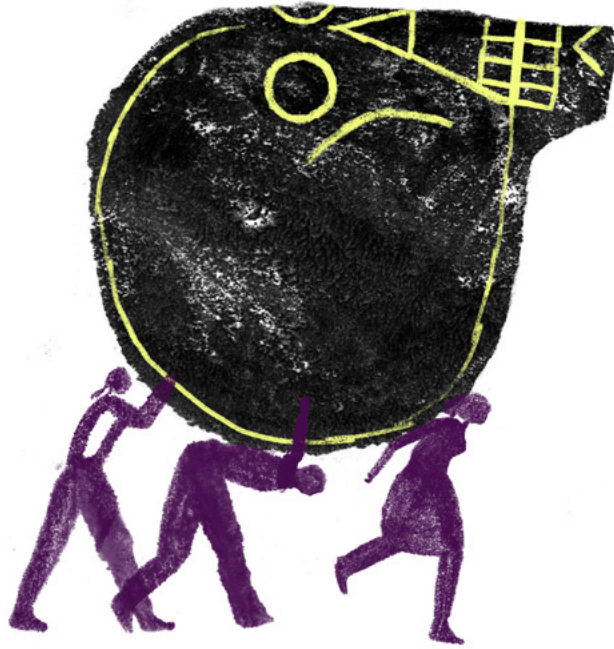
Los coronavirus son una familia de virus que circulan entre humanos y animales, y causan desde molestias similares a un resfriado común hasta enfermedades respiratorias graves.

El virus SARS-CoV-2 se detectó por primera vez en China, en diciembre de 2019, y provoca una enfermedad denominada COVID-19, que se extendió por el mundo y fue declarada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como pandemia global el 11 de marzo de 2020 (Kass, Duggal y Cingolani, 2020). A partir del 6 de abril del mismo año, se superó el millón de casos confirmados en el planeta, y un mes después, la cifra aumentó a 3 701 440 según las cifras del 6 de mayo (Channel News Asia, 2020). El conocimiento actual sobre la propagación del virus que causa la COVID-19 se basa, sobre todo, en lo que se sabe de coronavirus similares. Se cree que el virus se contagia de modo

directo; es decir, de persona a persona. Se puede transmitir a través de las gotículas que expulsa un enfermo al toser y estornudar, así como al tocar o estrechar la mano de una persona enferma, un objeto o superficie contaminada con el virus y luego llevarse las manos sucias a boca, nariz u ojos. No obstante, también es posible su transmisión de modo indirecto a través de fomites (por contacto con pañuelos, zapatos u otros objetos inertes). El nuevo coronavirus puede infectar a personas de todas las edades; sin embargo, se ha observado que aumenta la tasa de letalidad en adultos mayores de 60 años y en quienes padecen otras enfermedades, entre las cuales destaca la obesidad (Kass, Duggal y Cingolani, 2020).

La obesidad en México es uno de los problemas de salud pública más graves debido al alto impacto que genera sobre la salud, el bienestar y la economía de la población. Se asocia con más de 14 causas de mortalidad y es el factor modificable más importante para la prevención de enfermedades cardiovasculares y diabetes (Barquera *et al.*, 2010). México enfrenta la epidemia de COVID-19 con una población que presenta altas prevalencias de enfermedades crónicas (75% de los adultos vive con sobrepeso u obesidad; 49.2%, con hipertensión, y 14%, con diabetes) (Barquera *et al.*, 2013; Campos-Nonato *et al.*, 2013; Rojas-Martínez, *et al.*, 2012; Campos-Nonato *et al.*, 2019). En 2016, la importancia de estas enfermedades llevó a la Secretaría de Salud Federal a emitir una declaratoria de emergencia epidemiológica por obesidad y diabetes (Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades [Cenaprece], 2016).

Se ha documentado, desde hace más de dos décadas, la asociación entre obesidad e inflamación crónica de baja intensidad. Este fenómeno se considera parte fundamental del proceso fisiopatológico, a través del cual diversos órganos y tejidos del cuerpo se ven afectados. Se relaciona, además, con el desarrollo de diversas comorbilidades, entre las que destacan las enfermedades cardiovasculares, la diabetes y el cáncer. Una parte central en este proceso inflamatorio es el aumento de tejido adiposo, lo que produce una cascada de mediadores



químicos inflamatorios (citoquinas) que se liberan en el torrente sanguíneo. Una cantidad importante de estudios muestra que la reacción inflamatoria de baja intensidad no sólo coexiste con las enfermedades crónicas, sino que también precede al desarrollo de complicaciones.

La característica más importante de la inflamación crónica es la presencia de proteínas séricas de fase aguda y citoquinas proinflamatorias. Algunos de los marcadores inflamatorios que muestran una mayor capacidad para predecir el desarrollo de diabetes son la proteína C reactiva (PCR) y la interleucina 6 (IL-6). La PCR de alta sensibilidad se considera un marcador subrogado de

la actividad de citoquinas proinflamatorias, ya que éstas promueven la síntesis de PCR en el hígado. Existe una asociación importante entre PCR y el índice de masa corporal (IMC), un indicador de adiposidad; las células adiposas generan gran cantidad de mensajeros químicos entre los que destacan citoquinas como IL-6, IL-1 y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), los cuales se han asociado con el desarrollo de hiperinsulinemia, una condición común en enfermedades crónicas como obesidad, diabetes e hipertensión (Flores, 2005).

En otras palabras, la presencia de citoquinas inflamatorias conduce a una disfunción metabólica e incrementa el

riesgo de padecer enfermedades crónicas no transmisibles como hipertensión arterial, dislipidemias, diabetes y algunos tipos de cáncer. Además, las personas que viven con obesidad a menudo tienen disfunción respiratoria, que se caracteriza por alteraciones en los mecanismos respiratorios, lo que incrementa la resistencia de las vías respiratorias y deteriora el intercambio de gases, además de disminuir el volumen pulmonar y la fuerza muscular (Stefan *et al.*, 2020). Éstos son algunos de los mecanismos descritos por los cuales las personas que viven con obesidad pueden tener mayor riesgo de complicaciones cuando enferman de COVID-19 (Dietz y Santos-Burgoa, 2020).

ALIMENTACIÓN SALUDABLE Y COVID-19

Uno de los factores que más contribuye al desarrollo de obesidad en el mundo es el consumo de dietas ultraprocesadas de mala calidad, con niveles excesivos de azúcar, grasa, sal y, además, de alta densidad calórica. Otro aspecto que se ha relacionado con la obesidad es el bajo consumo de alimentos ricos en fibra, como frutas, vegetales, leguminosas y granos enteros. Aunque desde hace varios años se ha presentado evidencia indirecta de la asociación entre altos consumos de alimentos ultraprocesados y la ganancia de peso, fue hasta 2019 cuando un ensayo aleatorizado, desarrollado por Hall y colaboradores, demostró esta asociación de manera contundente. En dicho estudio se concluye que limitar el consumo de alimentos ultraprocesados tiene el potencial de ser una estrategia efectiva para la prevención y tratamiento de la obesidad (Hall *et al.*, 2010).

Si bien la actividad física juega un papel importante en el balance energético, así como en la salud cardiovascular y en general, y por lo tanto debe promoverse, sabemos que no es realista compensar con actividad física un aporte de energía habitual que exceda los requerimientos energéticos. Por esta razón, se reconoce que una alimentación adecuada es fundamental para mantenerse en un peso saludable y prevenir la obesidad y sus comorbilidades. Queda claro además que una dieta de mala calidad contribuye al estado de inflamación crónica de baja intensidad, no sólo a través de su efecto so-

bre la ganancia de peso, sino también de forma independiente por diversos mecanismos, como la alta ingesta de azúcar, grasa, sal e ingredientes críticos, que deriva en daños a los tejidos y órganos del cuerpo –como glucosilación de las proteínas en el caso del azúcar; hígado graso por alta ingesta de grasa y azúcar; o daño renal y tisular por altos niveles de sodio en la dieta– y en deficiencia de micronutrientes necesarios para una función inmune óptima, como son la vitamina D (colecalfiferol), el zinc y la vitamina C.

Recientemente, investigadores del Instituto Nacional de Salud Pública desarrollaron un estudio para explorar un índice inflamatorio de la dieta en población mexicana y su relación con la diabetes. Este estudio encontró que las personas en el quintil más alto del índice (personas con mayor consumo de alimentos ultraprocesados, bebidas azucaradas, etc.) tuvieron hasta tres veces más posibilidades de padecer diabetes que aquéllos en el quintil más bajo, quienes consumían una dieta mínimamente procesada y rica en alimentos naturales y básicos (Denova-Gutiérrez *et al.*, 2018).

Esta asociación concuerda con hallazgos de diversos estudios que sugieren que dietas con altas cantidades de ingredientes críticos, como azúcar, sal y grasa (presentes en productos ultraprocesados y bebidas azucaradas), pueden ocasionar una respuesta alterada del sistema inmune y aumentar el riesgo de obesidad y enfermedades crónicas, lo que a su vez incrementa la susceptibilidad a complicaciones por COVID-19.

ASOCIACIÓN ENTRE OBESIDAD Y SEVERIDAD DE COVID-19

La pandemia actual de COVID-19 a la que nos enfrentamos genera un reto sin precedentes para los sistemas de salud y para los profesionales médicos. Diversos reportes han identificado un aumento en la severidad de la infección en personas que padecen obesidad y sus complicaciones, lo cual puede interpretarse como un efecto sinérgico entre las dos epidemias, lo que se conoce como una sindemia (COVID-19 y obesidad) (Caussy *et al.*, 2020; Zheng *et al.*, 2020). Aunque todavía se encuentra en

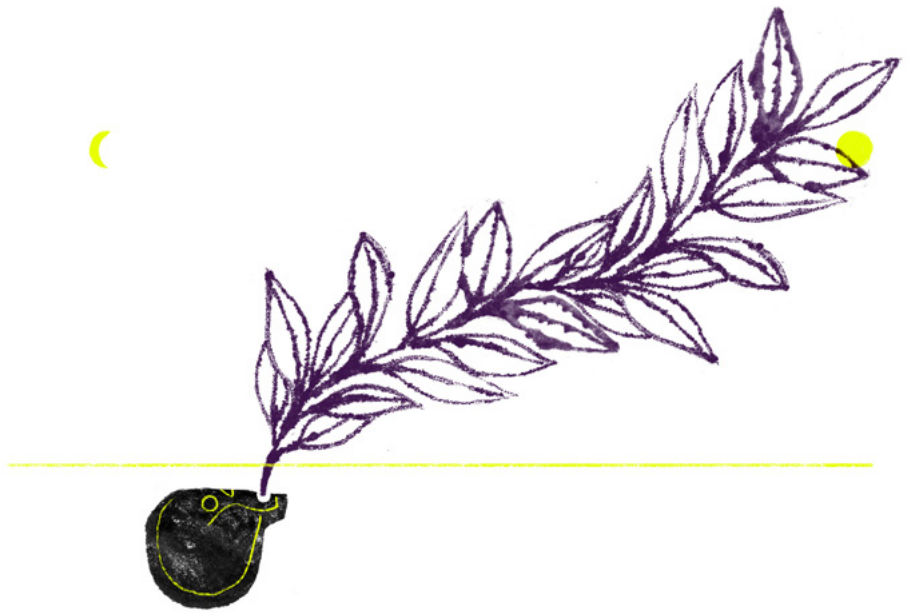
estudio la relación entre los mecanismos de esta interacción, se han identificado posibles explicaciones para el aumento de riesgo de severidad ante infección por COVID-19 observado en personas con obesidad.

En primer lugar, se reconoce que la inflamación crónica de baja intensidad genera una respuesta subóptima del sistema inmune. Asimismo, las dietas altas en ingredientes críticos y los estilos de vida poco saludables provocan una reacción disminuida de la efectividad del sistema inmune para detectar y responder ante una infección. Por otra parte, las dietas no saludables, que fomentan la obesidad y la inflamación crónica, suelen ser bajas en micronutrientes, como la vitamina D, la vitamina C y el zinc, las cuales se asocian, por una parte, con la disminución del efecto inflamatorio y, por otra, con una mejor respuesta inmune. Aunado a lo anterior, algunas de las comorbilidades de la obesidad pueden derivar en un peor pronóstico en casos de infección por COVID-19, como la presencia de hígado graso –que aumenta hasta seis veces la probabilidad de agravamiento–, independientemente de otros factores como edad, sexo, tabaquismo, hipertensión y dislipidemias (Zheng *et al.*, 2020).

Aunque se desconocen en detalle los mecanismos de la infección por COVID-19, la relación entre respuesta inmune y enfermedades crónicas ha sido ampliamente estudiada y es posible concluir que el estado inflamatorio resultante aumenta la susceptibilidad a complicaciones.

EFFECTOS DEL DISTANCIAMIENTO FÍSICO SOBRE LOS ESTILOS DE VIDA

La actual pandemia de la COVID-19 y las medidas que se han adoptado para reducir su propagación, como el aislamiento y el distanciamiento físico, pueden presentar una serie de impactos en la salud de la población en general, como cambios en los patrones de estilo de vida. Entre estos, destacan la disminución de la actividad física y la modificación de la alimentación. En cuanto a la última, los patrones de compra se pueden alterar debido a la preocupación por la escasez de alimentos,



lo cual favorecería la adquisición y el consumo de productos ultraprocesados con una vida útil más larga y, a menudo, con perfiles nutricionales más pobres, lo que generaría un franco aumento de la cantidad de calorías que se ingieren y un deterioro en la calidad de la dieta. Por otra parte, las cadenas de suministro de alimentos también se han visto perjudicadas, lo cual conlleva efectos potenciales en la calidad de la dieta.

La salud mental también se ha visto afectada debido a la gravedad de la situación emergente y los desafíos que implica el aislamiento. La reducción de actividad física, de las interacciones sociales y cambios en el empleo generan estrés, ansiedad, depresión, cambios de humor, alteraciones en los patrones de sueño y, en algunos casos, incremento de ingesta de calorías por el impulso de usar los alimentos para calmar la ansiedad (Masheb y Grilo, 2006).

Por lo anterior, se puede considerar a la COVID-19 como un desafío mayor. Entre las consecuencias de la epidemia y las medidas de confinamiento en la economía, se incluyen los efectos potenciales en los sistemas alimentarios (producción, procesamiento y abasto) y la inseguridad alimentaria, con impactos potenciales negativos en la nutrición en todas sus formas (por ejemplo, desnutrición, deficiencias y obesidad).

CONCLUSIÓN

Existe una importante relación entre la alimentación, las enfermedades crónicas y la COVID-19. Por un lado, la mala alimentación y las enfermedades crónicas contribuyen de manera independiente a una inflamación crónica y ésta, a una respuesta inmune deficiente que aumenta el riesgo de complicaciones al padecer la infección. Por otro lado, las consecuencias sociales de la epidemia por COVID-19, como el aislamiento físico y el cambio en el estilo de vida, así como los daños económicos, tendrán impacto sobre la calidad de la dieta y la seguridad alimentaria. Ante estos grandes retos, resulta esencial generar una respuesta social con visión integral y una coordinación intersectorial, con especial atención en los grupos más vulnerables, para propiciar una alimentación y estilos de vida saludables, de acuerdo con las siguientes acciones esenciales:

1. Incremento en disponibilidad y accesibilidad de alimentos naturales y sostenibles.
2. Acceso a agua potable gratuita.
3. Fomento al desarrollo de herramientas para facilitar elecciones saludables (como el etiquetado de advertencia en alimentos).
4. Fortalecimiento de las medidas fiscales, como impuestos a bebidas azucaradas y comida chatarra para aumentar su costo y desincentivar su consumo, y subsidios para reducir el costo de alimentos saludables.
5. Promoción del transporte activo, por medio de la mejora de la infraestructura para peatones y ciclistas, lo cual garantizaría espacios públicos activos, seguros y amigables que promuevan la actividad física.
6. Regulación de la publicidad de alimentos ultraprocesados y bebidas azucaradas dirigidas a la infancia.
7. Promoción y protección de la lactancia materna.

La implementación de las políticas públicas mencionadas permitirá que en el futuro México tenga una población más saludable y menos vulnerable ante emergencias similares. ♦

REFERENCIAS

- Barquera Cervera, S., Campos-Nonato, I., Rojas, R., y Rivera Dommarco, J. A. (2010). Obesidad en México: epidemiología y políticas de salud para su control y prevención. *Gaceta Médica de México*, 146(6), 397-407.
- Barquera Cervera, S., Campos-Nonato, I., Hernández-Barrera, L., Pedroza-Tobías, A., y Rivera Dommarco, J. A. (2013). Prevalencia de obesidad en adultos mexicanos, 2000-2012. *Salud Pública de México*, 55(suplemento 2), S151-S160.
- Campos-Nonato, I., Hernández-Barrera L., Rojas-Martínez, R., Pedroza-Tobías A., Medina-García, C., y Barquera-Cervera, S. (2013). Hypertension: Prevalence, early diagnosis, control and trends in Mexican adults. *Salud Pública de México*, 55(supplement 2), S144-S150.
- Campos-Nonato, I., Hernández-Barrera, L., Flores-Coria, A., Gómez-Álvarez, E., y Barquera, S. (2019). Prevalencia, diagnóstico y control de hipertensión arterial en adultos mexicanos en condición de vulnerabilidad. Resultados de la ENSANUT 100k. *Salud Pública de México*, 61(6), 888-897. <https://doi.org/10.21149/10574>
- Caussy, C., Wallet, F., Laville, M., y Disse, E. (2020). Obesity is associated with severe forms of COVID-19. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 28(7), 1175. <https://doi.org/10.1002/oby.22842>
- Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades. (2016). Declaratoria emergencia epidemiológica EE-4-2016. <http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/emergencias/descargas/pdf/DeclaratoriaEmergenciaEpidemiologicaEE-4-16.pdf>
- Channel News Asia. (2020). COVID-19 map: Tracking the coronavirus outbreak worldwide. Recurso multimedia, mapa interactivo. https://infographics.channelnewsasia.com/covid-19/map.html?fbclid=IwAR0qnB468aW8IUqseMI_q2YFD1kROMoAcI2uSh6ocu-TG27a1YsXvVvwu2U
- Denova-Gutiérrez, E., Muñoz-Aguirre, P., Shivappa, N., Hébert, J. R., Tolentino-Mayo, L., Batis, C., Barquera, S. (2018). Dietary inflammatory index and type 2 diabetes mellitus in adults: The diabetes mellitus survey of Mexico City. *Nutrients*, 10(4), 385. <https://doi.org/10.3390/nu10040385>

- Dietz, W., y Santos-Burgoa, C. (2020). Obesity and its implications for COVID-19 mortality. *Obesity*, 28(6), 1005. <https://doi.org/10.1002/oby.22818>
- Flores, M. (2005). A role of vitamin D in low-intensity chronic inflammation and insulin resistance in type 2 diabetes mellitus? *Nutrition Research Reviews*, 18(2), 175-182. <http://doi.org/10.1079/NRR2005104>
- Hall, K. D., Ayuketah, A., Brychta, R., Cai, H., Cassimatis, T., Chen, K. Y., Chung, S. T., Costa, E., Courville, A., Darcey, V., Fletcher, L. A., Forde, C. G., Gharib, A. M., Guo, J., Howard, R., Joseph, P. V., McGehee, S., Ouwerkerk, R., Raisingier, K., Rozga, I., Stagliano, M., Walter, M., Walter, P. J., Yang, S., y Zhou, M. (2010). Ultra-processed diets cause excess calorie intake and weight gain: An inpatient randomized controlled trial of ad libitum food intake. *Cell Metabolism*, 30(1), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2019.05.008>
- Kass, D. A., Duggal, P., y Cingolani, O. (2020). Obesity could shift severe COVID-19 disease to younger ages. *The Lancet*, 395(10236), 1544-1545. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31024-2](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31024-2)
- Masheb, R. M., y Grilo, C. M. (2006). Emotional overeating and its associations with eating disorder psychopathology among overweight patients with binge eating disorder. *The International Journal of Eating Disorders*, 39(2), 141-146. <https://doi.org/10.1002/eat.20221>
- Rojas-Martínez, R., Aguilar-Salinas, C. A., Jiménez-Corona, A., Gómez-Pérez, F. J., Barquera, S., y Lazcano-Ponce, E. (2012). Prevalence of obesity and metabolic syndrome components in Mexican adults without type 2 diabetes or hypertension. *Salud Pública de México*, 54(1), 7-12.
- Stefan, N., Birkenfeld, A. L., Schulze, M. B., y Ludwig, D. S. (2020). Obesity and impaired metabolic health in patients with COVID-19. *Nature Reviews Endocrinology*, 16, 341-342. <http://dx.doi.org/10.1038/s41574-020-0364-6>
- Zheng, K. I., Gao, F., Wang, X. B., Sun, Q. F., Pan, K. H., Wang, T. Y., Ma, H. L., Chen, Y. P., Liu, W. Y., George, J., y Zheng, M. H. (2020). Letter to the editor: Obesity as a risk factor for greater severity of COVID-19 in patients with metabolic associated fatty liver disease. *Metabolism: clinical and experimental*, 108, 154244. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2020.154244>

LA PANDEMIA DE LA COVID-19 Y EL CAMBIO DE PARADIGMA EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA GLOBAL*

MARIANA CÁRDENAS-GONZÁLEZ

Química, Maestra en Ciencias Ambientales
y Doctora en Toxicología, Conacyt

MARÍA ELENA ÁLVAREZ-BUYLLA ROCES

Bióloga, Doctora en Ciencias Botánicas, Conacyt. Departamento
de Ecología Funcional, Instituto de Ecología, Universidad Nacional
Autónoma de México. Centro de Ciencias de la Complejidad,
Universidad Nacional Autónoma de México

* Artículo original publicado en abril de 2020 en la revista *MEDICC Review*.
<https://doi.org/10.37757/MR2020.V22.N2.4>



La pandemia actual ha sacudido las vidas de los seres humanos de maneras que nunca imaginamos y nos ha obligado a preguntarnos hacia dónde se dirige nuestra civilización. En este artículo, exploramos y discutimos la evidencia científica que ayuda a explicar la pandemia actual.

La COVID-19 es la enfermedad ocasionada por un virus nuevo de la familia Coronaviridae, el SARS-CoV-2. Los primeros casos fueron reportados a finales de diciembre de 2019 en Wuhan, Hubei, China. El 11 de marzo de 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró la enfermedad COVID-19 como pandemia y, para finales de ese mes, ya se habían confirmado 858 361 casos en el mundo y 42 309 personas habían fallecido por esta causa. Actualmente, hay más de 111 millones de casos acumulados y 2.4 millones de fallecimientos asociados directamente a la infección.



TRANSMISIÓN DEL VIRUS

Todavía no se conoce con claridad la dinámica de transmisión del SARS-CoV-2 a través de los hospederos originales e intermediarios, pero es muy probable que el virus haya infectado a los seres humanos después de experimentar una transferencia interespecie de los murciélagos hacia un huésped intermediario. Los coronavirus son virus de RNA con un alto «dinamismo» genómico, lo que ha promovido el origen de nuevas variantes capaces de cruzar la barrera de especies, y les ha permitido adaptarse a nuevos hospederos y transmitirse (intra e interespecie) (Cui *et al.*, 2019).

La propagación de éstos y otros virus depende de las condiciones asociadas al propio virus, al hospedero, al organismo recientemente infectado y al ambiente en el que ocurren estas interacciones. En general, estas condiciones incluyen: 1) la frecuencia de interacciones entre el hospedero natural, el intermediario y el final; 2) la densidad de población de la especie hospedera infectada; 3) el estatus de la salud general tanto del hospedero como del individuo recientemente infectado; 4) las características y adaptaciones virales específicas (infectividad, patogenicidad, resistencia a las drogas, etc.); y 5) la conducta del huésped humano final (viajes, migración, conflic-

tos y guerras, globalización, urbanización, etc.). Los cambios en cada una de estas cinco condiciones están detrás del surgimiento y resurgimiento de las enfermedades virales infecciosas, especialmente en las zoonosis que han incrementado en infectividad y patogenicidad. En los últimos 20 años, las zoonosis, como el brote de encefalitis asociado al virus Nipah (en Malasia, 1998), la epidemia del SARS (2002), del MERS (2012), del Ébola (en África Occidental, 2014-2015) y, más recientemente, la pandemia de la COVID-19, nos han recordado la conexión inherente e inseparable entre todas las formas de vida y su medio ambiente.

SISTEMAS AGROINDUSTRIALES Y LA ECOLOGÍA DE LAS ZONOSIS

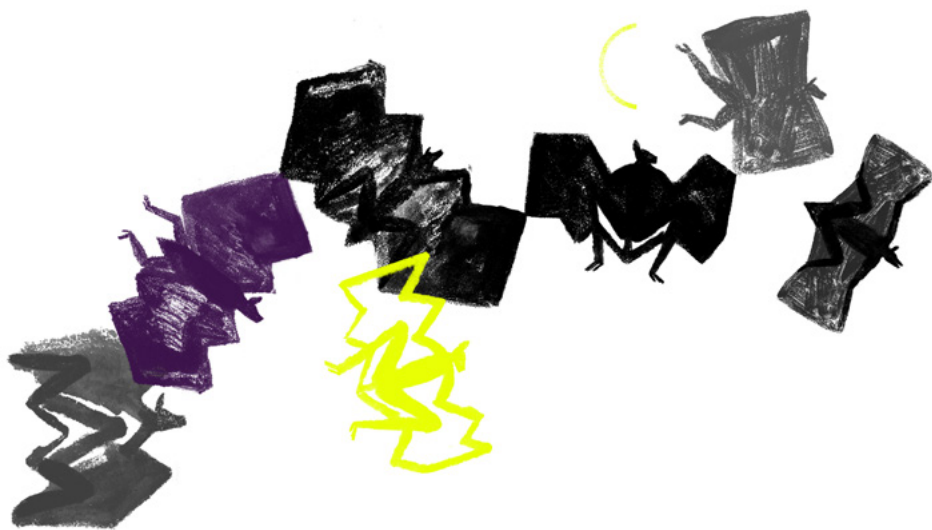
Los sistemas actuales de producción agropecuaria han provocado una fuerte presión sobre el cambio de uso de suelo en extensas áreas de la franja templada y tropical, lo cual ha creado un continuo de agroecosistemas fuertemente antropizados que avanzan cada vez más sobre tierras menos aptas. Esto produce un profundo deterioro del hábitat y una pérdida importante de los servicios ecosistémicos que dichos espacios proporcionan (Cascio *et al.*, 2011).

Especialmente en el trópico, el hábitat de una amplia diversidad de aves y murciélagos se ha transformado. En las últimas décadas, extensas áreas han sido deforestadas para la producción industrial de aceite de palma, arroz, soya y sorgo, y para la cría intensiva de rumiantes, cerdos y aves de corral (Afelt *et al.*, 2018). La pérdida de hábitat en estos ecosistemas de alta diversidad reduce las poblaciones silvestres originales, creando desbalances en todas las relaciones tróficas. Las especies sobrevivientes son forzadas a explorar nuevos nichos ecológicos, a interactuar con especies con las cuales no han tenido contacto previo, a modificar su distribución geográfica mas allá de los límites óptimos para su fisiología y a ajustar sus interacciones con un viroma que, simultáneamente, está en proceso de modificación por el contacto con nuevos vectores y huéspedes potenciales (Plowright *et al.*, 2015).

Así pues, la antropización agropecuaria de un ecosistema le imposibilita, artificialmente, llegar a su clímax y lo mantiene en un estado de reclutamiento constante de individuos más resistentes a las presiones que ejerce el manejo agropecuario de escala industrial, lo cual incluye la presión ejercida por los patógenos que se favorecen en el continuo de ecosistemas degradados. En consecuencia, estos ecosistemas se convierten en espacio de fuerte competencia entre las especies más favorecidas por el constante estado de perturbación, y se establece así una nueva dinámica de intercambio y recombinación vírica entre los sobrevivientes y el ganado (Afelt *et al.*, 2018). Grandes presiones selectivas también se ejercen por la introducción de agroquímicos y bioinsumos, especialmente en poblaciones de artrópodos y, consecuentemente, en los murciélagos y las aves asociados con ellos a nivel trófico. Estos murciélagos y aves –al igual que roedores– son candidatos a nuevos reservorios virales y pueden formar parte de las poblaciones salvajes más sobrerrepresentadas en el ecosistema por el incomparable suministro de alimento y por la relativa ausencia de depredadores y competidores (Allen *et al.*, 2017). Esto no sólo promueve el crecimiento de las poblaciones de virus y su evolución concomitante, sino que también favorece la emergencia de linajes capaces de progresar en huéspedes novedosos, incluyendo a los humanos.

En este contexto, las tasas aceleradas de sucesión generacional impuestas artificialmente por la agroindustria también favorecen la selección de nuevas cepas de microorganismos y virus capaces de cruzar la barrera de especies. La migración de fauna silvestre, sea habitual o forzada, altera constantemente el mapa de distribución de muchos virus, moviéndolos hacia nuevas áreas y cambiando la elección de especies hospedadoras o vectores. Al mismo tiempo, el movimiento de animales vivos destinados a la producción de ganado por todo el mundo y el flujo de poblaciones humanas garantiza la redistribución de estos virus en un continuo de ecosistemas antropizados.

Cabe mencionar, además, que la explotación agroindustrial tiene éxito económico gracias a la homogeneidad genética de las especies que maneja. Así, tenemos una altísima repre-



sentatividad del mismo grupo de edad, sexo y vulnerabilidad genética confinados en espacios reducidos, con dietas sobreenriquecidas y altos niveles de estrés crónico que garantizan la transmisión de la infección y una amplia oportunidad de nuevas mutaciones. De los 41 eventos de reconversión de cepas de alta patogenicidad del virus de influenza aviar, específicamente los subtipos H5 y H7, reportados en el periodo de 1959 a 2015, sólo dos ocurrieron en granjas de traspatio; el resto, en explotaciones comerciales de escala industrial (Dhingra *et al.*, 2018).

CIENCIA CRÍTICA, REFLEXIVA Y SOCIALMENTE COMPROMETIDA

La comunidad científica ha desempeñado un papel ejemplar en su respuesta ante esta emergencia global y está traba-

jando arduamente para encontrar soluciones relevantes para los gobiernos y la sociedad. En este proceso ha sido vital la participación de organizaciones globales como World Health Organization para movilizar acciones coordinadas contra la pandemia.

Durante esta emergencia de salud global se ha hecho patente la necesidad de buscar soluciones al bienestar colectivo que no respondan a los intereses financieros de las grandes corporaciones farmacéuticas y, simultáneamente, se ha vuelto urgente encontrar formas más democráticas y abiertas de compartir el conocimiento científico. Debemos ser innovadores en las formas en que la ciencia apoya la toma de decisiones, así como construir puentes de diálogo y de colaboración entre sectores y países, entre el norte global y el sur global.

La colaboración internacional ha sido nuestra fuerza nuclear para confrontar la pandemia actual de la COVID-19, como lo fue en pandemias y epidemias pasadas. La interconectividad del mundo en el que vivimos no es sólo virtual, sino física; y no sólo ocurre entre humanos, sino también con el ecosistema. El concepto de “Una Salud”, institucionalizado por WHO desde 2008, incluye estas ideas. Su estrategia propone utilizar un enfoque sistémico, interdisciplinario y multisectorial para diseñar e implementar programas, políticas, legislación e investigación que permitan mejorar la salud de todas las poblaciones en el ecosistema— y del propio ecosistema— a nivel local, regional y global. Al mismo tiempo, este concepto nos llama a un cuestionamiento más profundo de los modos de producción y su impacto en el medio ambiente, un ambiente compartido a nivel global e inseparable de la salud humana.

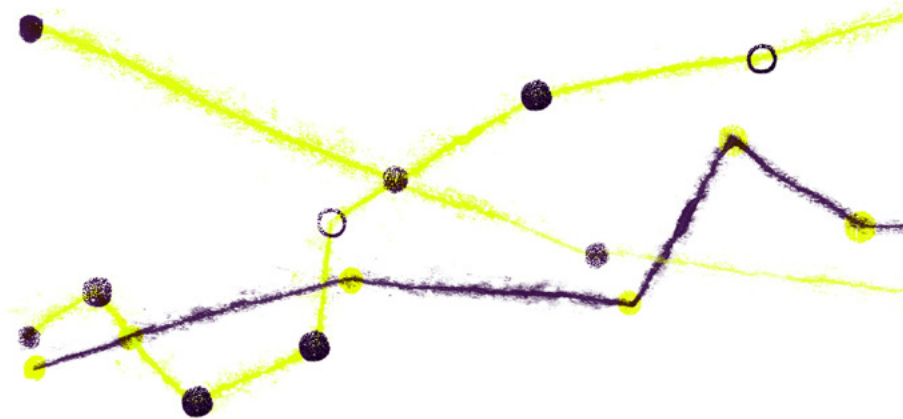
Los altos costos humanos y económicos de enfermedades emergentes, tales como las enfermedades virales zoonóticas, no deben ser ignorados. Tenemos que aprovechar esta oportunidad para promover una ciencia global y abierta que profundice en el estudio de las interrelaciones de las dimensiones biológicas, ambientales, sociales y económicas de ésta y otras enfermedades, y que también cuestione los modos de producción actuales, su impacto en el ambiente y, por ende, en la salud humana global. Es momento de aprender la lección y dejar de anteponer los intereses económicos de unas cuantas corporaciones o Estados que controlan la producción animal a gran escala, por encima de la salud global que, como ha quedado claro, es *una sola*. Deben restaurarse los ecosistemas que han sido profundamente destruidos bajo los actuales modelos industriales de explotación agropecuaria y comercio global (incluyendo sus insumos y productos). Una ciencia abierta y global debe ahondar en la raíz estructural de las causas de las enfermedades virales emergentes que están cruzando la barrera de las especies y amenazando a la humanidad. ♦

REFERENCIAS

- Afelt, A., Frutos, R. y Devaux C. (2018). Bats, coronaviruses, and deforestation: Toward the emergence of novel infectious diseases? *Frontiers in Microbiology*, 9(apr), 1-5. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00702>
- Allen, T., Murray, K. A., Zambrana-Torrel, C., Morse, S. S., Rondinini, C., Di Marco, M., Breit, N., Olival, K. J. y Daszak, P. (2017). Global hotspots and correlates of emerging zoonotic diseases. *Nature Communications*, 8(1), 1124. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-00923-8>
- Cascio, A., Bosilkovski, M., Rodriguez-Morales, A. J. y Pappas, G. (2011). The socio-ecology of zoonotic infections. *Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 17(3), 336-342. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2010.03451.x>
- Cui, J., Li, F., y Shi, Z. L. (2019). Origin and evolution of pathogenic coronaviruses. *Nature reviews. Microbiology*, 17(3), 181-192. <https://doi.org/10.1038/s41579-018-0118-9>
- Dhingra, M. S., Artois, J., Dellicour, S., Lemey, P., Dauphin, G., Von Dobschuetz, S., Van Boeckel, T. P., Castellan, D. M., Morzaria, S., y Gilbert, M. (2018). Geographical and historical patterns in the emergences of novel highly pathogenic avian influenza (HPAI) H5 and H7 viruses in poultry. *Frontiers in veterinary science*, 5, 84. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00084>
- Plowright, R. K., Eby, P., Hudson, P. J., Smith, I. L., Westcott, D., Bryden, W. L., Middleton, D., Reid, P. A., McFarlane, R. A., Martin, G., Tabor, G. M., Skerratt, L. F., Anderson, D. L., Crameri, G., Quammen, D., Jordan, D., Freeman, P., Wang, L. F., Epstein, J. H., Marsh, G. A., ... McCallum, H. (2015). Ecological dynamics of emerging bat virus spillover. *Proceedings. Biological sciences*, 282(1798), 2124. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.2124>

LA MODELACIÓN MATEMÁTICA EN LOS TIEMPOS DE LA COVID-19

ÁREA DE COMUNICACIÓN DEL CIMAT



Si algo favorable se le presenta a la ciencia durante los periodos mundiales de crisis es que se abre la oportunidad de que muestre su utilidad y su capacidad para responder a preguntas esenciales. De esto hay muchos ejemplos. En particular, los modelos matemáticos poseen una historia ilustre en la que han respondido a preguntas importantes en tiempos de crisis, como durante pandemias o guerras. En contraste, durante los periodos de estabilidad no parece tan evidente el papel fundamental que juegan, a pesar de que la sociedad moderna se cimienta por completo sobre ellos.

En la actualidad, debemos entender estos modelos en un sentido más amplio y abordarlos como modelos matemáticos, estadísticos y computacionales, pues corresponden a una representación de la realidad que cada vez se apoya más en inferencias, así como en mediciones probabilísticas y estadísticas, y también, porque actualmente se requiere de grandes capacidades de cómputo para procesar los grandes volúmenes de datos multivariados que se generan en tiempo real. De esta forma, resultan necesarias las matemáticas básicas –pues la realidad estudiada se formula por medio de problemas matemáticos–, la probabilidad, la estadística y las ciencias de la computación.

El propósito de los modelos matemáticos es responder con la mayor certeza posible a preguntas relacionadas con algún problema, por ejemplo, preguntas relacionadas con la epidemiología. A partir de una información dada, los parámetros de los modelos pueden ajustarse para hacer estimaciones muy próximas a la realidad. De alguna manera, y guardando las debidas distancias, se trata de estimaciones similares a las del clima: con datos de hoy podemos decir cuál será el clima de mañana o el de la próxima semana, a sabiendas de que siempre será más fácil y certero predecir el primero.

En semanas recientes, investigadores y técnicos académicos del Centro de Investigación en Matemáticas (Cimat) colaboraron con grupos científicos de otras instituciones en el diseño de modelos para la evaluación de riesgos de morbilidad y mortalidad asociadas al nuevo patógeno causante de la enfermedad COVID-19, el SARS-CoV-2. Éste es un ejemplo más de cómo los modelos matemáticos buscan responder a preguntas importantes en momentos críticos.

LA PARTICIPACIÓN DEL CIMAT

La mañana del 16 de abril de 2020, en conferencia de prensa, el dr. Hugo López-Gatell Ramírez, Subsecretario de Prevención y Promoción de la Salud, se refirió por primera vez a algunos de los integrantes del grupo científico que, a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, pusieron su conocimiento



a disposición de la Secretaría de Salud, «expertos y expertas en matemáticas y epidemiología matemática». Además, dijo, han mantenido contacto con grupos de trabajo nacionales y de otros países para comparar modelos de predicción.

López-Gatell agradeció la gestión del Conacyt y reconoció el trabajo de los integrantes principales de cinco de los equipos científicos. Como parte del Cimat, mencionó al equipo «Cimat Modelo Gompertz», representado por la dra. Graciela González Farías y el dr. Rogelio Ramos Quiroga, y al equipo «Cimat-IM-UNAM C³», compuesto por los dres. Andrés Christen Gracia y Marcos Capistrán Ocampo, del Cimat, además del dr. Antonio Capella Kort, del Instituto de Matemáticas de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Los grupos de trabajo se han conformado por los expertos mencionados y otros investigadores con anteriores experiencias en el estudio de fenómenos epidemiológicos, como es el caso de la dra. Leticia Ramírez Ramírez, del área de Probabilidad y Estadística. Otras contribuciones fundamentales fueron los estudios de contexto y el trabajo para el diseño de bases de datos, en los que participaron miembros de la unidad Monterrey.

Un aspecto fundamental de toda esta experiencia ha sido la participación de egresados y personal del área tecnológica. Se contó con exalumnos voluntarios que contribuyeron gracias a los conocimientos y capacidades adquiridas en el Cimat. Asimismo, se sumaron técnicos académicos de Monterrey y Guanajuato —encabezados por la mtra. Ivette Sánchez, coordinadora de Servicios Tecnológicos del Cimat—, quienes respondieron al reto de instrumentar los procesos de computación requeridos por los modelos; tal fue el caso de Judith Esquivel Vázquez, Juan Luis Salazar Villanueva y Óscar González Vázquez.

Entre las sugerencias que han surgido gracias a la generación y aplicación de modelos en el Cimat, el dr. López-Gatell mencionó las de regionalizar la intensidad de las medidas de mitigación, segmentar la movilidad en el territorio nacional y mantener hasta después de la fase 3 la protección a los grupos con mayor riesgo, pues los modelos mostraban que no era

posible hablar de una sola epidemia para todo el país, sino de regiones con distintos grados e intensidades de transmisión.

EJECUCIÓN DE LOS MODELOS

El modelo C³ es un modelo de ecuaciones diferenciales de compartimentos. En términos llanos, esto significa que cada individuo de la población estudiada es clasificado en compartimentos de acuerdo con su estado de salud y en relación con el desarrollo que presenta la epidemia. Con el uso de herramientas de inferencia bayesiana se ajustaron las condiciones iniciales y la tasa de contacto con un punto de cambio, lo que permitió estimar los efectos de esta intervención y establecer una posible dinámica diferente. En el modelo también se incluyó la estimación de la dinámica hospitalaria para calcular la posible ocupación de camas y de unidades de cuidados intensivos. Adicionalmente, se proyectó la incertidumbre de los resultados proporcionados por el modelo.

Con el modelo Gompertz se aportaron fechas probables de picos de la epidemia y su duración. Éste es un modelo muy flexible de tres parámetros y muy asertivo en pronósticos de corto plazo. Para sus predicciones, se utilizó el número acumulado de registros de casos confirmados de las bases internacionales, en particular de la Universidad Johns Hopkins.

Para ejecutar los modelos se realizan varios procesos con el apoyo del personal técnico, como revisar la información de las bases de datos oficiales, principalmente series de tiempo de casos confirmados, casos sospechosos, casos negativos y decesos de la enfermedad, en distintos niveles de segregación: por municipios, estados y zonas metropolitanas del país.

Cada modelo tiene diferentes parámetros y variables, las cuales pueden ser, por ejemplo, ventanas de tiempo de estudio, el número de casos confirmados por cada cien mil habitantes, los casos por síntomas clasificados por fecha o por ingreso a las unidades de salud, entre otros.

Después se ejecutan los modelos en un *cluster* de computadoras para trabajar simultáneamente en varios niveles de desagregación. En el caso de las predicciones y tendencias

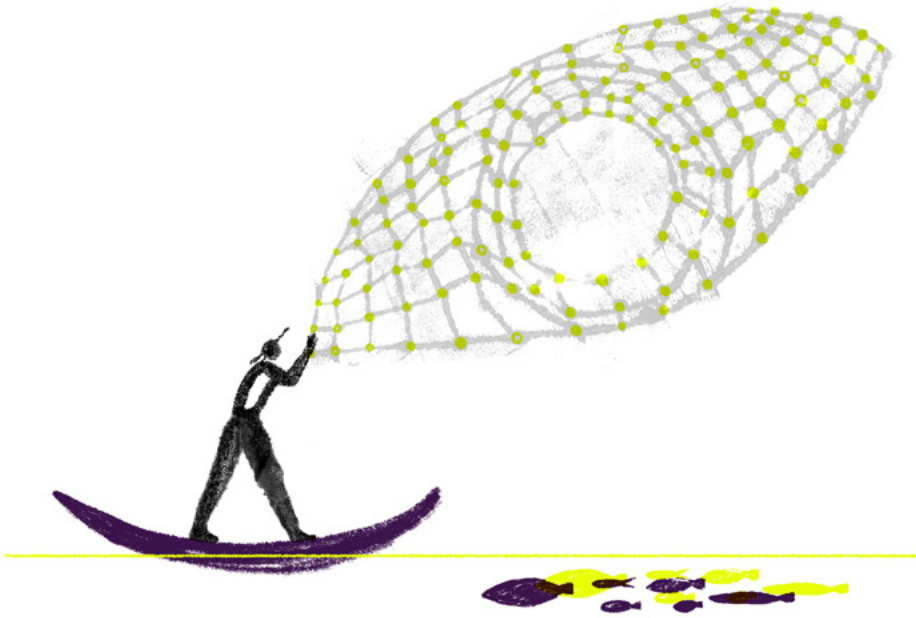
de curvas epidémicas, los niveles requeridos corresponden a zonas metropolitanas, estados y, en ocasiones particulares, a conjuntos de municipios. También se desarrolló un proceso automático para generar los reportes de salida. Además de la ejecución de los modelos, se utilizan herramientas de visualización de datos para generar los gráficos que permiten validar las salidas de los modelos.

Toda la información obtenida es revisada y validada en varios niveles, tanto por el equipo de investigación matemática, el cual verifica los resultados en términos del modelo, como por los expertos en epidemiología. Los reportes emitidos incluyen predicciones a corto y mediano plazo, la tasa de reproducción efectiva (R_t), las tendencias de las curvas epidémicas, así como el procesamiento y las consultas de información sobre fuentes oficiales en formatos específicos.

OTRAS CONTRIBUCIONES

Además del desarrollo y ejecución de modelos de predicción en colaboración con la Secretaría de Salud, el personal científico del Cimat ha participado en otras actividades que buscan contribuir a la atención de la pandemia. Por ejemplo, el dr. Mariano Rivera, adscrito al área de Ciencias de la Computación, colaboró en un sistema de diagnóstico rápido de la COVID-19 basado en inteligencia artificial. Junto a los investigadores del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), Enrique Súcar y Eduardo Morales (el último en estancia sabática en el Cimat), el dr. Rivera y estudiantes de ambos centros públicos del sistema Conacyt desarrollaron un sistema al alcance de cualquier médico con equipo de rayos X y acceso a internet. El resultado se obtiene en segundos, sirve para descartar rápidamente casos negativos y se puede usar para dar seguimiento a los pacientes.

Otra aportación fue un sistema de respaldo solicitado por el Conacyt, desarrollado por José de Jesús Rocha Quezada con el asesoramiento del dr. Salvador Botello Rionda, del área de Ciencias de la Computación.

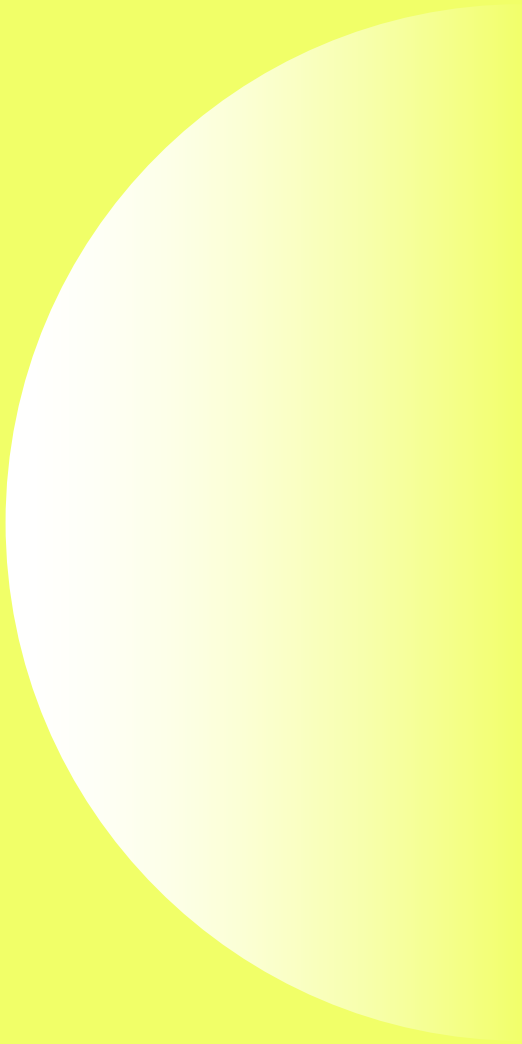


De forma adicional, integrantes de la unidad Aguascalientes del Cimat, encabezados por el dr. Rafael Pérez Abreu, trabajaron en las proyecciones para dicho estado. También algunos técnicos académicos de la unidad Monterrey ayudaron a abordar el problema desde otros puntos de vista. Aunado a todo lo anterior, se ha trabajado con otros centros Conacyt, como el Infotec, el CIDE y el CentroGeo, para acceder con agilidad a información organizada.

CUARENTA AÑOS DE APORTAR CONOCIMIENTO

La participación del Cimat al proyecto de atención a la pandemia de COVID-19 tiene el respaldo de cuatro décadas de aportar conocimiento especializado para dar respuesta a preguntas esenciales, no sólo con trabajo de investigación del más alto nivel, sino también formando académicos de excelencia dentro de toda la diversidad disciplinaria que abarcan las matemáticas, desde las más fundamentales hasta las tendencias actuales enfocadas en la inteligencia artificial y la ciencia de datos. ♦

TRANSICIÓN ENERGÉTICA



EL PAPEL DE LAS FUENTES DE ENERGÍA EN UNA TRANSICIÓN SOCIAL Y AMBIENTALMENTE SUSTENTABLE

LUCA FERRARI

Coordinador del Pronaces Energía y Cambio Climático.
Centro de Geociencias,
Universidad Nacional Autónoma de México

OMAR MASERA

Coordinador del Pronaces Energía y Cambio Climático.
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad,
Universidad Nacional Autónoma de México

EL CONTEXTO ACTUAL DE LA CRISIS ENERGÉTICA Y AMBIENTAL

En el siglo XXI, la humanidad experimenta una situación inédita a nivel global. El modelo de crecimiento continuo, basado en la industrialización y la extracción acelerada de recursos no renovables, está en crisis. Pasamos de un mundo con abundancia de recursos y capacidad de absorber y reciclar desechos, a otro de escasez y saturación. Como lo describe Saral Sarkar:

Es imposible satisfacer las crecientes «necesidades», demandas, deseos, aspiraciones y ambiciones de una población mundial en continuo crecimiento, mientras que nuestra base de recursos y energía y la capacidad de la naturaleza para absorber la contaminación provocada por el hombre están disminuyendo continuamente.

Desde hace una década, la producción de petróleo convencional llegó a su máximo; la oferta mundial de crudo sólo ha podido crecer marginalmente gracias a la explotación de petróleo no convencional de los yacimientos de lutitas de Estados Unidos. En México, la evidencia científica indica que entramos desde hace más de una década en la etapa de declive geológico de la producción de hidrocarburos, que tiene como consecuencia un rápido incremento del costo de exploración y extracción, así como una disminución significativa de la magnitud de los nuevos descubrimientos. La baja del precio de venta del petróleo que experimentamos en estos meses es producto de la drástica disminución de la demanda, pero el petróleo que queda por extraer tiene un costo de producción de dos a cuatro veces mayor, el cual la economía global no se puede permitir. Paralelamente, el uso de materias primas alcanzó un nivel que pone en peligro el funcionamiento sostenible de los ecosistemas del planeta y los servicios que brindan. La producción y consumo de energía y materias primas está provocando una crisis ambiental sin precedentes, con una creciente destrucción de especies y ecosistemas, contaminación de agua, aire y suelo, así como el cambio climático más abrupto de la historia de la Tierra.

En este contexto, se plantea la transición energética como una medida para mitigar la crisis ambiental que enfrentamos. Convencionalmente, esta transición se ha visto como un simple cambio de energías fósiles a renovables, continuando con el mismo patrón de producción y consumo. Sin embargo, como argumentaremos abajo, esto es inviable desde el punto de vista técnico, ambiental y económico, además de que no resuelve la enorme desigualdad en cuanto al acceso y al consumo de energía que caracteriza a nuestra sociedad.

Una transición hacia sistemas energéticos sustentables debe incluir:

1. Como punto de partida, un cambio en los patrones de consumo de energía, dirigido a reducir de manera absoluta los consumos en las áreas que presentan más dispendios.
2. Asegurar el acceso a servicios energéticos para resolver las necesidades básicas a toda la población, comenzando por los grupos más marginados.
3. Democratizar la producción de energía, de manera que los proyectos energéticos generen opciones de ingreso y empleo de calidad a nivel local.

Sólo bajo estas premisas la generación de energía con fuentes renovables jugará un papel relevante.

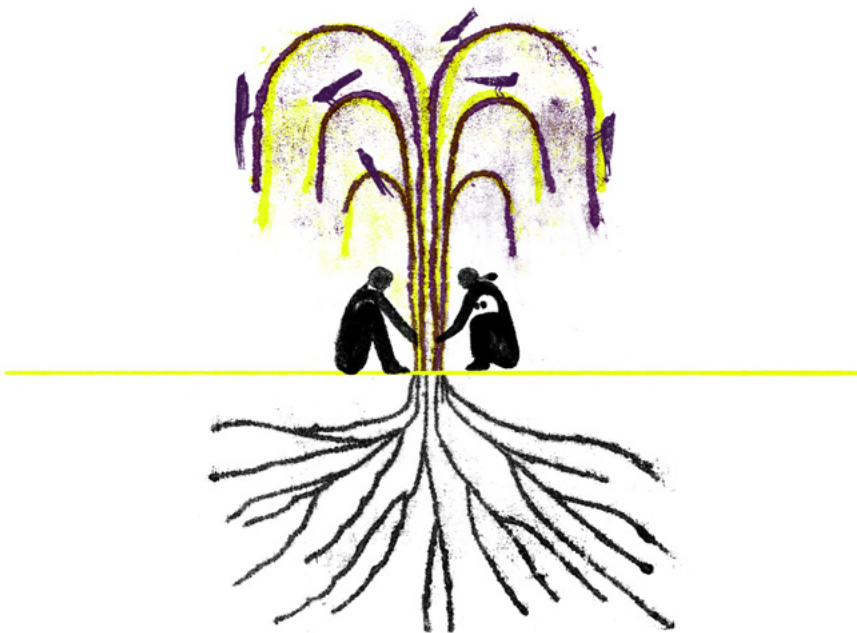
CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LAS FUENTES DE ENERGÍA

Costo energético de las fuentes de energía. La civilización industrial se construyó gracias a los combustibles fósiles y, en particular, al petróleo, debido a que son formas de energía química concentrada, versátiles en su uso y cuya disponibilidad no depende de los flujos naturales, sino que puede generar otra forma de energía en el momento y cantidad que necesitemos. Desde este punto de vista, exclusivamente energético, los combustibles fósiles tienen ventajas con respecto a las fuentes renovables. Sin embargo, no todas las fuentes renovables son iguales. A pesar de ser menos concentradas que los combustibles fósiles, las fuentes hidroeléctricas, geotérmicas y de biomasa pueden producir energía de forma controlada, aunque sólo en ciertos lugares es posible aprovecharlas. La energía solar y la eólica son geográficamente más abundantes, pero menos concentradas. Esto implica que para producir la misma cantidad de energía que una central basada en combustibles fósiles se necesita ocupar entre 50 y 70 veces más superficie. Una desventaja adicional de estas fuentes es su variabilidad, lo que se traduce en un bajo factor de planta (cociente entre la energía que produjo la planta efectiva-

mente en un año y la que produciría en el mismo lapso si funcionara a su capacidad máxima). En el caso de México, con los datos disponibles para 2018, el factor de planta real es de 34% para energía eólica y de 17% para solar. Un sistema eléctrico en el que las fuentes de mayor contribución son la eólica y la solar implica sobredimensionar las instalaciones, construir nuevas líneas de transmisión y tener generación de respaldo o almacenamiento para compensar su variabilidad.

Disminución de la tasa de retorno energético en el tiempo. El costo energético de cada fuente está ligado a la Tasa de Retorno Energético (TRE), expresada como el cociente entre la energía obtenida y la energía invertida para ello. A mayor TRE, mayor es la energía neta disponible para la sociedad. En su inicio y auge, los combustibles fósiles tenían una TRE mucho mayor a las fuentes renovables de generación variable, como la solar y la eólica. Sin embargo, la TRE disminuye en el tiempo. Históricamente, la humanidad ha aprovechado los recursos a su alcance, empezando con los más accesibles, de mejor calidad y con mayor ganancia energética (mayor TRE).

En el caso del petróleo, hemos pasado de los campos más grandes, con crudo de mejor calidad y más fácil de extraer, a yacimientos de menor tamaño, ubicados a mayor profundidad, en aguas profundas o en formaciones impermeables que requieren hidrofracturación (*fracking*) y de los que se recupera una cantidad mucho menor de hidrocarburos (menor TRE). En México —después de la explotación y declive del campo supergigante de Cantarell, que en su auge producía 2 millones de barriles diarios—, el grueso de la producción se soporta ahora con el complejo de Ku-Maloob-Zaap, que genera aproximadamente 780 000 barriles diarios, y que se encuentra en declive, además de que los mejores campos que le siguen producen un máximo de 80 000 barriles diarios. La productividad promedio por pozo ha disminuido a menos de la mitad en los últimos 15 años y la TRE ha disminuido un 35% en el mismo periodo. En la actualidad, tomando en cuenta el uso final, la TRE de las fuentes renovables intermitentes se acerca a la de los combustibles fósiles convencionales y puede ser superior a la de los no convencionales. Sin embargo, la disminución del retorno energético también afecta a las fuentes renovables: se explotan pri-



mero las grandes cuencas hidrológicas, los yacimientos geotérmicos más productivos, los sitios más ventosos y las áreas con mejor insolación y menor nubosidad. A medida que los mejores sitios se explotan, quedan aquéllos con menor retorno energético, lo que hace que los costos de generación aumenten, aunque no de manera lineal. Tanto a nivel mundial como en el caso de México, ya se han descubierto y explotado los mejores sitios para aprovechamiento hidroeléctrico, lo mismo ocurre con los yacimientos geotérmicos más grandes, por lo que quedan sitios capaces de producir una menor cantidad de energía a mayores costos. A medida que se incrementa el aprovechamiento de las fuentes eólica y solar, este fenómeno de decrecimiento de los retornos energéticos se repetirá de una forma similar.

Costo ambiental y sustentabilidad. El impacto ambiental de la producción de energía es bien conocido en el caso de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y es sabido que existe una relación lineal entre el crecimiento económico, el consumo de energía y las emisiones de CO₂. De hecho, estas emisiones

sólo han podido disminuir en tiempos de recesión económica, como durante la actual pandemia. Si bien los combustibles fósiles son la principal fuente de emisiones de GEI, la construcción y mantenimiento de la infraestructura de aprovechamiento de las fuentes renovables también requiere consumo de combustibles fósiles. Se necesita carbón para producir el acero de las torres de los aerogeneradores; concreto, para la construcción de cortinas de las presas; cobre, aluminio, cadmio, plata, oro, cobalto, litio y manganeso, para los paneles solares y las baterías; diésel, para la minería de estos minerales, para perforar pozos geotérmicos y para mover la maquinaria agrícola con el fin de aprovechar la biomasa. Por esta razón, debemos calcular, tanto para fuentes fósiles como renovables, las emisiones de GEI durante el ciclo de vida de las plantas, lo cual incluye su construcción, la emisión durante su operación y mantenimiento, así como el retiro al final de su uso. Con el incremento del costo energético, aumenta también el impacto ambiental de la producción de hidrocarburos, ya que se necesita más energía para perforar más pozos, a mayor profundidad, o se requiere del uso de técnicas más agresivas, como el *fracking*. En el caso de la minería ocurre un fenómeno similar, ya que la concentración del mineral en los yacimientos disminuye, y se requiere invertir progresivamente más energía para obtener la misma cantidad de metales y elementos críticos para la industria de renovables.

Aunque se puede argumentar que México tiene una contribución marginal en las emisiones de GEI, existen otros impactos mucho más directos asociados con la producción de energía; por ejemplo, la contaminación del aire con azufre y con partículas asociadas a las refinerías y a las centrales termoeléctricas, la cual tiene un impacto directo sobre la calidad del aire de la zona metropolitana de la Ciudad de México; o bien, la contaminación de suelo y agua asociada a malos manejos de los residuos de la minería; o la deforestación para la instalación de parques solares o eólicos. Además, los grandes proyectos de energía, tanto fósiles como renovables, crean conflictos con las poblaciones originarias y las comunidades rurales que defienden sus tierras y modos de vida.

EL PAPEL DE LAS FUENTES RENOVABLES EN UNA TRANSICIÓN ENERGÉTICA SOCIAL Y AMBIENTALMENTE SUSTENTABLE

Con todo esto en mente y tomando en cuenta que cualquier fuente de energía necesita tecnologías para su extracción, procesamiento y disposición para el uso final, resulta claro que no existe ninguna fuente de energía completamente limpia y renovable. Lo que tenemos es un espectro que va desde energías más sucias y finitas, pero que tienen muchas ventajas al ser concentradas y controlables (combustibles fósiles), pasa por otras menos sucias y controlables, pero con disponibilidad limitada (geotérmica, hidroeléctrica y biomasa), y termina con energías menos sucias y abundantes, pero con ciertas desventajas por ser diluidas e intermitentes (eólica y solar). Asimismo, con la tecnología disponible en la actualidad, ninguna fuente puede sostenerse sin los combustibles fósiles. Es indispensable, entonces, planear un camino realista de cambio profundo desde la actual civilización industrial hacia una sociedad que no tenga como objetivo último el consumo creciente de bienes y el crecimiento económico, sino que procure lograr el bienestar de toda la población respetando los límites biofísicos del planeta. Para esto, no podemos dejar de usar los combustibles fósiles de la noche a la mañana, pues ello significaría el colapso de la civilización, pero sí podemos disminuir progresivamente su extracción y reorientar su uso hacia las necesidades esenciales de la sociedad en un contexto de decrecimiento de los consumos.

Una transición energética social y ambientalmente sustentable debe encontrar una participación de las energías renovables en un contexto radicalmente distinto al que se ha estado impulsando en la última década por medio de megaproyectos que intentan perpetuar el sistema consumista y extractivista capitalista construido sobre los combustibles fósiles. En primer lugar se debe replantear el modelo de desarrollo actual, buscando reducir de manera importante los consumos asociados a los distintos sectores económicos; por ejemplo, a través de un nuevo concepto de movilidad (que se lleva el 50% de la energía en nuestro país), de un desarrollo



industrial basado en utilizar el calor «verde» y de productos menos intensivos energéticamente, de un desarrollo territorial que revitalice al sector rural y priorice a los centros urbanos medios y pequeños, y de un sistema alimentario basado en la producción agroecológica de alimentos saludables y cadenas cortas de producción-consumo. En este nuevo paradigma, las fuentes renovables se aprovecharían con proyectos a menor escala, haciendo uso de tecnologías ecológicas y sustentables, buscando disminuir la inequidad y promover el desarrollo de procesos productivos locales con base en la generación distribuida comunitaria de energía.

Una transición de esta naturaleza contribuiría significativamente a mitigar el cambio climático mediante una reducción absoluta de las emisiones y a conseguir una mayor seguridad e independencia energética. Es importante no confundirnos: tanto las fuentes de energía como la soberanía energética no son un fin en sí mismo, sino un medio para alcanzar un mejor bienestar para la mayor parte posible de la sociedad. En este sentido, el objetivo de una transición energética debe ser apoyar la construcción de una sociedad más equitativa, en armonía con el ambiente, descentralizada, basada en la cooperación, en la autogestión local y en un consumo sustentable. ♦



BOLETÍN
CONACYT

2