

# HYPATIA®

Ejemplar gratuito  
Mayo-agosto de 2020.

ISSN 2007-4735

Núm.  
64

EDICIÓN  
ESPECIAL

# COVID-19

**MORELOS**  
reconoce a su  
comunidad científica

**CORONAVIRUS  
MUTANTES:**  
más ciencia que ficción

**RASTREANDO**  
al nuevo virus con corona



**MORELOS**  
2018 - 2024



**CCyTEM**  
CONSEJO DE CIENCIA  
Y TECNOLOGÍA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Instituto Morelense  
de Procesos Electorales  
y Participación Ciudadana

## DIRECTORIO

### Cuauhtémoc Blanco Bravo

Gobernador Constitucional del Estado de Morelos

### José Francisco Pulido Macías

Director General del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos

### Adrián Margarito Medina Canizal

Director del Centro Morelense de Comunicación de la Ciencia

### CONSEJO EDITORIAL

Dr. Armando Arredondo López  
Lic. Susana Ballesteros Carpintero  
Mtro. Martín Bonfil Olivera  
Dra. María Victoria Crespo  
Dr. Humberto Lanz Mendoza  
Dr. Ernesto Márquez Nerey  
Dra. Lorena Noyola Piña  
Dra. Carmen Nina Pastor Colón  
Mtra. Silvia Patricia Pérez Sabino  
Dr. José María Rodríguez Lelis  
Mtro. Marco Antonio Sánchez Izquierdo

### REVISORAS INVITADAS

Méd. Gabriela Castañeda Solano  
Méd. Jessica Johana Hernández Osorio

### COORDINACIÓN EDITORIAL

Dra. Mónica Leticia Pineda Castellanos

### DISEÑO

MPE Ernesto Alonso Navarro

Hypatia, año 19, núm. 64, segundo cuatrimestre del 2020, editado por el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos. Calle La Ronda #13, colonia Acapantzingo, CP 62440, Cuernavaca, Morelos, México. Teléfono: (52) 777 312 3979 / [www.hypatia.morelos.gob.mx](http://www.hypatia.morelos.gob.mx) [hypatia@morelos.gob.mx](mailto:hypatia@morelos.gob.mx)

Editor responsable: José Francisco Pulido Macías  
Reserva de derechos al uso exclusivo  
Núm. 04-2019-071810533500-30  
ISSN: 2007-4735. Licitud de título y contenido: 15813  
Impresa por Vettoretti Impresores, SA de CV. Calle Zacatecas #310, colonia Ricardo Flores Magón, CP 62370, Cuernavaca, Morelos, México.

Este número se terminó de imprimir en septiembre de 2020, con un tiraje de 5 mil ejemplares. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Se permite la reproducción total o parcial por cualquier sistema o método, incluyendo electrónicos y magnéticos de los contenidos e imágenes, siempre y cuando contenga la cita explícita (fuente) y se notifique al editor. Hypatia está incluida en el directorio del Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, Latindex / [www.latindex.org](http://www.latindex.org) y en el sitio de la Sociedad Mexicana para la Divulgación y la Técnica, AC / [www.somedicyt.org.mx](http://www.somedicyt.org.mx)

La publicación no expide cartas a sus colaboradores.

## Proyecto apoyado por IMPEPAC



**H** Los textos son responsabilidad directa de quien los firma.

Revista Hypatia es una publicación de divulgación científica del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos, organismo descentralizado del Poder Ejecutivo del Estado de Morelos, como parte del proyecto estratégico «Fomento al hábito de la lectura de textos de divulgación científica-tecnológica, ciencias sociales y humanidades para los morelenses», apoyado por el Instituto Morelense de Procesos Electorales y Participación Ciudadana (IMPEPAC).

## CONTENIDO

6

### Los virus que vinieron de la selva

Dra. Paloma Hidalgo Ocampo  
Dr. Ramón A. González García  
Dr. Jesús Torres Flores

8

### Coronavirus mutantes: más ciencia que ficción

Dra. Paloma Hidalgo Ocampo  
Dr. Ramón A. González García  
Dr. Jesús Torres Flores

10

### COVID-19: fisiopatología de la enfermedad

Joaquín Hernández Román  
Méd. Jahzeel Díaz Castillo

12

### COVID-19: todos los signos y síntomas que conocemos hasta ahora

Robin Brandom Peña Bojorges  
Dra. María del Rocío Baños Lara

14

### Rastreado al nuevo virus con corona

M. en C. Elizabeth Salinas Estrella  
Dra. Mayra Elizeth Cobaxin Cárdenas

16

### Saber si tienes COVID-19 es cosa de tres

Dra. Sandra Sánchez Barbosa

18

### Una nueva forma de identificar al SARS-CoV-2

Dr. Luis Ramón Carreño Durán  
M. en C. Aura Patricia Hernández Olicón  
Dr. Fabián Gómez Santiago

20

### Morelos reconoce a su comunidad científica

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos

22

### Maternidad en tiempos del coronavirus

M. en B. César Flores de los Ángeles  
Dr. José Luis Cortéz Sánchez  
Dra. Elizabeth Bautista Rodríguez

24

### COVID-19 en pacientes pediátricos

Dr. Rodolfo Abarca Vargas  
Carlos Azaf Meza Medina  
José Alfredo González Ortíz

26

### Resolver la biología para reactivar la economía

Dra. Elizabeth Martínez Bautista

28

### Morelos combate a COVID-19

Dra. Ana Cecilia Rodríguez González  
Mtro. José Francisco Pulido Macías  
Ing. Antonio de Jesús Alcántara Alcibia

30

### Vacunas para COVID-19, un desafío mundial

Dra. Elizabeth Castillo Villanueva  
Dr. Jorge Antonio Valdivia Anistro

32

### Comer bien, un arma contra COVID-19

M. en C. Raúl Dávila Delgado

34

### Mascotas y COVID-19

Dra. Laura V. Cuaya  
Dr. Raúl Hernández Pérez

36

### Los azúcares y COVID-19

M. en C. Brenda I. Velázquez Dodge  
Dra. Roberta Salinas Marín



# EDITORIAL

El día de hoy les presentamos un número de edición especial sobre la pandemia que desde hace algunos meses ha modificado nuestros hábitos cotidianos. Se trata de un nuevo coronavirus designado bajo el apelativo de SARS (Síndrome respiratorio agudo severo) CoV-2, responsable de la enfermedad llamada COVID-19.

La humanidad ha observado con estupor cómo un virus ha aparecido en el centro de la civilización y nos ha aislado a unos de otros. Ha provocado, además, una severa contracción de numerosas economías, que tardarán en recuperar los niveles de vida anteriores a la pandemia.

Desde hace varios años, los científicos nos han advertido de la posibilidad de que surjan nuevas enfermedades. No obstante, el reiterado desprecio a la naturaleza, la invasión cotidiana de hábitats de animales y el calentamiento climático, entre otros, están afectando los ecosistemas del mundo, por lo que podemos conjeturar sobre la aparición de nuevas epidemias, virus y bacterias que probablemente desencadenarán efectos nada deseables para la humanidad.

Es tiempo de que comprendamos que somos uno más de los habitantes de una naturaleza donde predominan los virus y las bacterias. La pandemia actual está mostrando las debilidades de la globalización y la falta de coordinación internacional de las sociedades. La propagación de este nuevo virus ha sido catalizada precisamente por uno de los efectos más notables y destacados de la globalización de los mercados: los flujos internacionales de personas y de mercancías. Algo debe cambiar.

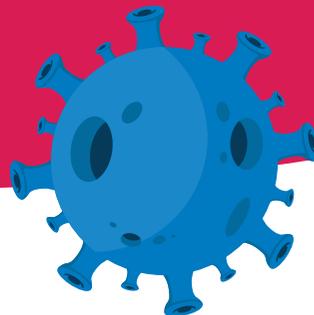
Conforme avancemos en este número, los investigadores en biología, virología, medicina, tecnología y nutrición, nos compartirán información con base en evidencias científicas sobre lo que se conoce hasta el momento de la enfermedad COVID-19 y su agente causal, el virus SARS-CoV-2.

Sabemos que la pandemia actual se ha constituido como un reto para la humanidad, por lo que es relevante para México y para Morelos en particular, enfrentar esta amenaza con las mejores herramientas con las que contamos: la ciencia, la tecnología y la innovación. Dentro de este ámbito, les presentamos los proyectos ganadores del «Programa de innovación: ciencia abierta y esfuerzos colaborativos para mitigar el COVID-19», con lo que se busca impulsar las capacidades científicas y tecnológicas de la entidad.

A su vez, el gobierno del estado de Morelos, a través del Consejo de Ciencia y Tecnología, reconoció el quehacer de la comunidad científica, tecnológica y de innovación en la entidad, mediante el otorgamiento de un reconocimiento a los trabajos de investigación de calidad y alto nivel, cuya obra en estos campos los hicieron acreedores de la distinción: «Reconocimiento al Mérito Estatal de Investigación». ¡Felicidades a los ganadores en cada una de las categorías!

Sigamos avanzando en la lucha de esta pandemia, trabajando en conjunto ciudadanos, empresarios y autoridades gubernamentales para garantizar la protección a nuestra salud y bienestar.

José Francisco Pulido Macías  
Editor responsable



# CRONOLOGÍA DE LA PANDEMIA

A finales del 2019, China alertó a la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre un grupo de casos de neumonía con causa desconocida en Wuhan. Ocho meses después conocemos que este agente desconocido es un coronavirus nunca antes descrito, nombrado como SARS-CoV-2 y causante de la enfermedad COVID-19.

A continuación te mostramos una cronología de los hechos, con datos y cifras desde el surgimiento del virus hasta el cierre de esta edición de la revista (31 de agosto de 2020).

## DICIEMBRE

**31** China alerta a la OMS sobre un grupo de casos de neumonía con causa desconocida en Wuhan.

## ENERO

**7** Funcionarios de la OMS anuncian que han identificado un nuevo coronavirus inicialmente llamado 2019-nCoV.

**11** La Comisión de Salud Municipal de Wuhan notifica la primera muerte provocada por el coronavirus.

**12** La secuencia genética del virus se puso a disposición de la OMS. Los laboratorios en diferentes países comienzan a producir pruebas de diagnóstico de PCR específicas.

**13** Primer caso confirmado fuera de China (Tailandia) en un viajero que visitó Wuhan.

**30** La OMS declara que el coronavirus es una emergencia global con casos reportados en Estados Unidos, Japón, Nepal, Francia, Australia, Malasia, Singapur, Corea del Sur, Vietnam y Taiwán.

## FEBRERO

**2** Primera muerte confirmada fuera de China (Filipinas) de un hombre originario de Wuhan, China.

**11** La OMS anuncia que la nueva enfermedad causada por el virus SARS-CoV-2 se llama COVID-19.

**14** • Se informa de un caso en Egipto, primer país de África.  
• Francia informa la primera muerte de Europa por el virus.

**27** Primer caso confirmado en México en un viajero que visitó Italia.

## MARZO

**11** La OMS declara que el brote de coronavirus es una pandemia.

**18** • La Secretaría de Salud del gobierno de México confirma la primera muerte por COVID-19.  
• La OMS lanza el ensayo clínico internacional «Solidaridad» con el objetivo de encontrar los tratamientos más efectivos para COVID-19.

**25** El gobierno federal de México anuncia la suspensión de actividades no esenciales.

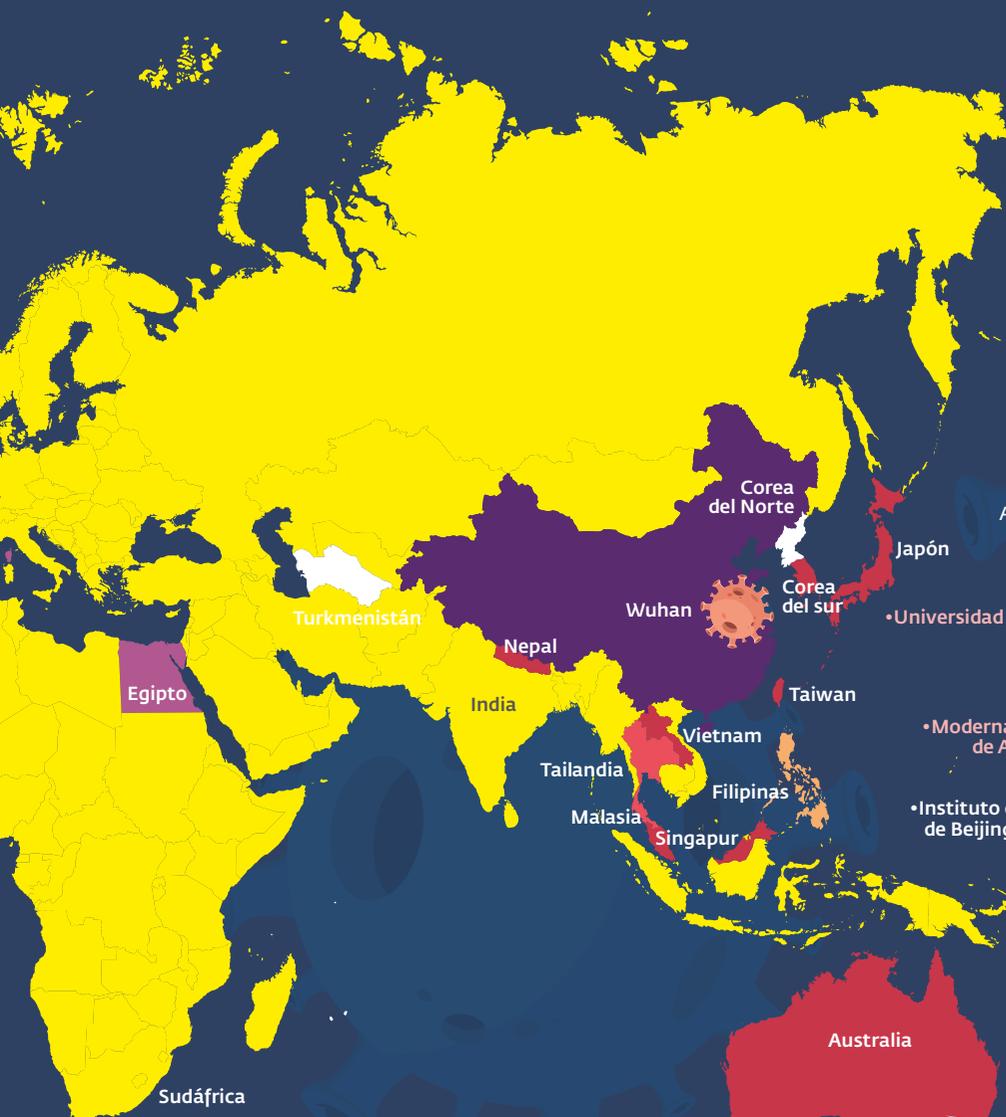
**30** Se decreta «emergencia sanitaria por causa de fuerza mayor» en México, ante la evolución de casos confirmados y muertes por la enfermedad.



# COVID-19

PAÍSES SIN CONTAGIOS DE COVID-19

- Tuvalu
- Islas Marshall
- Samoa
- Corea del Norte
- Turkmenistán
- Islas Salomón
- Estados Federados de Micronesia
- Tonga
- Kiribati
- Vanuatu
- Palau
- Nauru



## CONTAGIOS MUERTES

Estados Unidos	6.1 millones	186 mil
Brasil	3.9 millones	121 mil
India	3.6 millones	65 mil
Rusia	1 millón	17 mil
Perú	652 mil	28 mil
Sudáfrica	627 mil	14 mil
Colombia	615 mil	19 mil
<b>México</b>	<b>599 mil</b>	<b>64 mil</b>

## VACUNAS EN DESARROLLO

Aún no se cuenta con una vacuna aprobada por la OMS, pero existen 143 vacunas candidatas en preevaluación clínica y 33 en evaluación clínica, de las cuales las siguientes ya se encuentran en la última fase (desarrollador/fabricante):

- Universidad de Oxford/AstraZeneca
- Instituto de Productos Biológicos de Wuhan/Sinopharm
- Moderna Inc./Instituto Nacional de Alergias y Enfermedades Infecciosas (NIAID).
- Instituto de Productos Biológicos de Beijing/CanSino Biologics Inc.
- Sinovac
- Instituto de Productos Biológicos de Beijing/Sinopharm
- BioNTech, Fosun Pharma/Pfizer
- Centro Nacional de Investigación de Epidemiología y Microbiología Gamaleya

- ABRIL 1** El número de casos confirmados de COVID-19 supera el millón.
- 9** Italia alcanza el pico de transmisión con más de 132 mil casos.
- 28** El número de casos en EE.UU. supera el millón con 58 mil muertes confirmadas.

- MAYO 8** México colabora con la ONU aportando un millón de euros para el desarrollo de una vacuna contra el virus SARS-CoV-2.
- 9** El número de casos COVID-19 reportados a nivel mundial excede los 4 millones.
- 22** América del Sur es centro de la pandemia con más de 330 mil casos sólo en Brasil.

- JUNIO 1** Inicia la «nueva normalidad» en México.
- 29** Los casos de COVID-19 reportados en el mundo exceden los 10 millones.

- JULIO 15** El mecanismo COVAX, que garantiza el acceso rápido, justo y equitativo a las vacunas contra COVID-19, logra el compromiso de más de 150 países, entre ellos México.
- 30** Se anuncia la participación de México en la fase 3 de la vacuna que desarrolla el laboratorio francés Sanofi.
- 31** México: tercer país con más fallecidos por COVID-19, al reportar 46 mil 688 muertes.

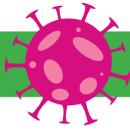
## AGOSTO

- 1** Nueva Zelanda reporta 100 días sin contagios comunitarios.
- 5** La Organización Panamericana de la Salud advierte contra el uso de productos de cloro como tratamientos para COVID-19.
- 11** Rusia registra la primera vacuna contra COVID-19, al terminar con éxito la fase 2 de las pruebas clínicas.
- 31** Los fallecimientos por COVID-19 reportados en el mundo alcanzaron los 848 mil, con 25.3 millones de contagios confirmados.

Elaboró: Dra. Mónica Leticia Pineda Castellanos  
Diseño: MPE. Ernesto Alonso Navarro

Referencias:  
 • COVID-19 México (2020). Dirección General de Epidemiología de la Secretaría de Salud. Gobierno de México, en: <https://bit.ly/3beJ5n1>  
 • WHO (2020). Draft landscape of COVID-19 candidate vaccines-28 august 2020: <https://bit.ly/2YWHBCF>  
 • Wiersinga WJ, et al. (2020). Pathophysiology, Transmission, Diagnosis, and Treatment of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): A Review. *JAMA*. 2020;324(8):782-793.





Dra. Paloma Hidalgo Ocampo / hopr@uaem.mx  
Dr. Ramón A. González García-Conde / rgonzalez@uaem.mx  
Centro de Investigación en Dinámica Celular, Instituto de Investigación  
en Ciencias Básicas y Aplicadas  
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

Dr. Jesús Torres Flores / chu\_torrey@hotmail.com.  
Laboratorio de Virología  
Universidad Autónoma de la Ciudad de México

# Los virus que vinieron de la selva

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las zoonosis o enfermedades zoonóticas son «un grupo de enfermedades infecciosas que se transmiten de forma natural de los animales a los seres humanos».

El 1976, al igual que el 2020, fue uno de esos años que la humanidad jamás podrá olvidar, y no sólo porque en abril de ese año se fundó la compañía Apple Inc., sino porque en el pequeño pueblo de Yambuku, ubicado cerca del río Ébola, en Zaire, hoy República Democrática del Congo, ocurrieron también hechos importantes que cambiaron la historia de la humanidad, pues demostraron los devastadores efectos que pueden tener las enfermedades zoonóticas en la población mundial.

Después de regresar de unas vacaciones visitando a su familia y participando en excursiones para cazar fauna silvestre, una fiebre superior a los 39°C obligó a Mabalo Lokela, el director de la escuela rural de Yambuku, a acudir a la única clínica del pueblo dirigida por un grupo de misioneras belgas. Al llegar, la hermana Beata le inyectó una dosis de cloroquina, sospechando que la fiebre que presentaba el profesor se debía a una infección por el parásito *Plasmodium vivax* causante de la malaria.

Sin embargo, la salud del profesor Lokela empeoró, comenzó a presentar vómito y diarrea, además de fuertes hemorragias. Pese a los esfuerzos de su familia y de las misioneras, el profesor Lokela falleció. Días después, otros habitantes del pueblo, incluidas las misioneras que atendieron al profesor, empezaron a desarrollar los mismos síntomas, dando inicio así al primer brote de ébola (EBOV) del que se tiene registro, el cual afectó a 318 personas y provocó 280 muertes.



Enfermeras atienden al paciente de ébola número tres tratado en el hospital Ngaliema, en Kinshasa, Zaire.

Foto: CDC/Dr. Lyle Conrad.

En aquel entonces no se comprobó, pero seguramente el profesor Lokela se infectó con el virus ébola al entrar en contacto con la sangre de algún mono o antílope infectado durante una de las excursiones de caza en las que participó, sin embargo, el origen zoonótico de las infecciones por EBOV se confirmó hasta 38 años después, durante el brote más grande registrado a la fecha, que tuvo lugar en 2014 y afectó países como Liberia, Sierra Leona y Guinea, dejando un saldo de más de 28 mil infecciones sospechosas y 11 mil muertes.

Este último brote fue originado por un evento zoonótico por el contacto con murciélagos de la especie *Miniopterus inflatus*, en cuyo guano se logró secuenciar el genoma de EBOV en 2016. Estos murciélagos habitan frecuentemente en selvas africanas y gracias a su sistema inmune privilegiado, pueden albergar grandes cantidades de virus, al igual que otras especies de murciélagos frugívoros como el zorro volador de la India, *Pteropus giganteus*, que actúa como reservorio del mortal virus Nipah (NiV).



En 2013 se acuñó el término «virodiversidad» después de determinar que los murciélagos *Pteropus giganteus* en la selva de Bangladesh podían albergar virus pertenecientes a nueve familias virales (figura 1). Los estudios del doctor W. Ian Lipkin demostraron que la virodiversidad de los murciélagos es impresionante, ya que se encontraron por lo menos 58 especies de virus con el potencial de provocar enfermedades zoonóticas en humanos, incluido el SARS-CoV-2 causante de la enfermedad COVID-19 y la pandemia actual.

Los murciélagos no son los únicos habitantes de la selva que albergan virus que podrían causar enfermedades zoonóticas (figura 1). Si consideramos que todos los mamíferos existentes en el mundo tienen una cantidad de virus nuevos similar a la de los murciélagos, se podría estimar que existen al menos 320 mil virus esperando a ser descubiertos, muchos de ellos escondidos en regiones poco exploradas del planeta como la selva amazónica y otras selvas tropicales o bosques.

A medida que el humano altera el medio ambiente, invade ecosistemas y hace un uso poco regulado de los recursos naturales, la probabilidad de que aparezcan nuevas enfermedades zoonóticas es mayor, tal como quedó

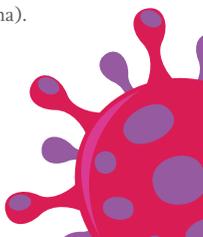


demonstrado con la pandemia de SARS-CoV-2, cuyo origen zoonótico fue favorecido por el tráfico y consumo ilegal de fauna silvestre.

Rudyard Kipling, en su famoso *Libro de las tierras vírgenes* de 1894, escribió «Ni uno sólo de los habitantes de la selva gusta que lo molesten, y todos están siempre muy dispuestos a arrojarse sobre los intrusos». Valdría la pena tener esta frase presente, porque entre los habitantes de la selva también están los virus, y como se ha expuesto, no han evitado arrojarse sobre los humanos que entran a la selva sin ser invitados. **H**

Artrópodos	Quirópteros	Aves	Roedores	Primates
ZIKV, DENV CHIKV CCHFV	EBOV SARS-CoV-2 RBV	H5N1 H7N9 H1N1	Hantavirus	SV40 Herpesvirus HIV

**Figura 1. Virus zoonóticos identificados en animales silvestres.** Muchos virus zoonóticos que afectan al ser humano provienen de animales silvestres como artrópodos, quirópteros, aves, roedores y primates: ZIKV (Zika), DENV (dengue), CHIKV (Chikungunya), CCHFV (virus de la fiebre hemorrágica de Crimea-Congo), EBOV (Ébola), SARS-CoV-2 (virus asociado a SARS-2), RBV (rabia), variantes del virus de influenza A (H5N1, H7N9 y H1N1), hantavirus (virus sin nombre), SV40 (virus de simio 40), herpesvirus (virus B del mono), HIV (virus de la inmunodeficiencia humana).



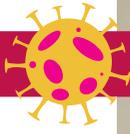


Foto: Retha Ferguson.

Dra. Paloma Hidalgo Ocampo / hopr@uaem.mx  
Dr. Ramón A. González García-Conde / rgonzalez@uaem.mx  
Centro de Investigación en Dinámica Celular, Instituto de Investigación  
en Ciencias Básicas y Aplicadas  
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

Dr. Jesús Torres Flores / chu\_torrey@hotmail.com  
Laboratorio de Virología  
Universidad Autónoma de la Ciudad de México

## Coronavirus mutantes: más ciencia que ficción

**L**os virus son microorganismos no celulares que infectan a todas las formas de vida conocidas y en algunos casos, son patogénicos, es decir, que causan alguna enfermedad. Se consideran parásitos intracelulares obligados debido a que necesitan de los componentes celulares para multiplicarse y producir nuevos virus.

A diferencia de los organismos celulares que tenemos material genético formado por ácido desoxirribonucleico (ADN), el material genético de los virus puede ser ADN, o ácido ribonucleico (ARN). El ADN y el ARN son macromoléculas compuestas de nucleótidos que pueden compararse a eslabones que se unen uno con otro, formando cadenas muy largas que son la información genética que dicta las instrucciones para la producción de todas las moléculas que forman a los organismos (figura 1).



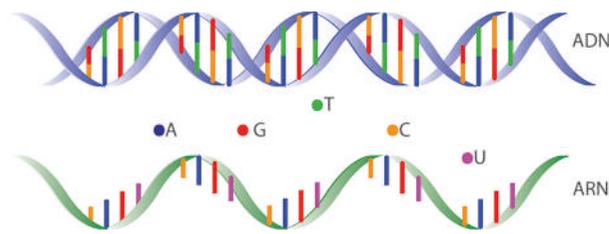


Figura 1. Cadenas de ADN y ARN. El ADN está compuesto por adenina (A), timina (T), guanina (G) y citosina (C). El ARN también está compuesto de A, G y C, pero en lugar de timina tiene uracilo (U).

El genoma de los virus está asociado o recubierto por proteínas que forman cápsides virales y algunos tipos de virus también pueden estar cubiertos por una capa de lípidos conocida como envoltura (figura 2).

Los coronavirus pertenecen a la familia *Coronaviridae* que incluye a los virus con los genomas de ARN más grandes que conocemos, estos infectan aves y mamíferos, incluidos los humanos. Los coronavirus que infectan a humanos comúnmente causan enfermedades leves a moderadas de los sistemas respiratorio y gastrointestinal; sin embargo, el coronavirus del síndrome respiratorio agudo severo, SARS-CoV, el coronavirus del síndrome respiratorio del medio oriente, MERS-CoV, y el nuevo coronavirus SARS-CoV-2, causante de la enfermedad COVID-19 y de la pandemia actual, provocan brotes de enfermedades respiratorias agudas graves que pueden resultar en muerte.

Igual que los organismos celulares, los virus también evolucionan. Esto ocurre porque al multiplicarse se deben hacer nuevas copias de su genoma y al copiarse pueden ocurrir errores que resultan en que los nuevos genomas tienen algún cambio o mutación.

En ocasiones, las mutaciones no inducen un cambio en el virus, lo que se conoce como «mutaciones sinónimas». Si, por el contrario, las mutaciones llevan a alteraciones

en los componentes del virus, entonces se les llama «mutaciones no sinónimas». A diferencia de los organismos celulares, los virus evolucionan en periodos de tiempo muy cortos, acumulando rápidamente mutaciones que llevarían a la generación de poblaciones virales que pueden ser diferentes entre sí, y que se conocen como cepas de virus. Estas mutaciones generalmente reflejan el proceso de adaptación de un virus a las células u organismos que infectan.

Gracias a los avances en técnicas de virología molecular y secuenciación, se han obtenido rápidamente las secuencias de un gran número de genomas del virus SARS-CoV-2 aislados de pacientes en diferentes regiones del mundo. Los análisis de estas secuencias han permitido identificar que a lo largo de los cerca de 30 mil nucleótidos que constituyen el genoma de este coronavirus, han ocurrido cerca de 200 mutaciones recurrentes. Si bien el 80% de estas mutaciones son no sinónimas, estos cambios no han afectado hasta ahora la biología del virus, su transmisibilidad, su letalidad, ni la forma en que nos infecta y por lo tanto no pueden considerarse como cepas, sino variantes genéticas del SARS-CoV-2.

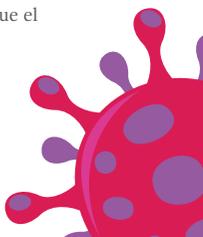
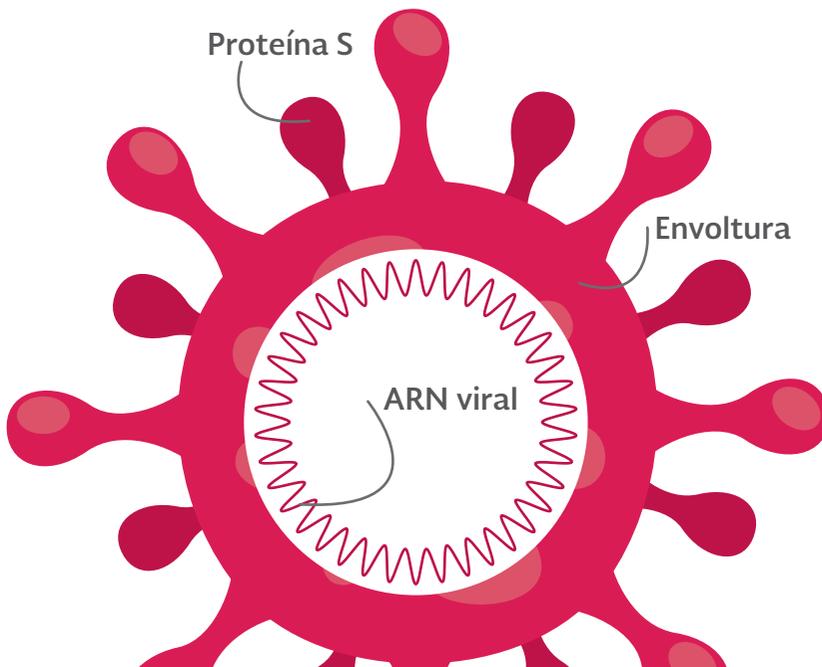


Foto: Fernando Zhiminaicela.

La baja tasa de mutación del virus, combinada con que las mutaciones identificadas hasta el momento no indican cambios en la biología del virus, representan una buena noticia para el desarrollo de vacunas y medicamentos antivirales, ya que estos tratamientos podrán interferir y frenar su capacidad de infectarnos, aun cuando se presenten algunas mutaciones.

Como en todos los casos de virus que pueden provocar epidemias, será muy importante continuar investigando la biología de estos virus y vigilar las nuevas variantes genéticas, para tener el conocimiento y las herramientas que nos permitan combatir o incluso evitar nuevas epidemias. **H**

Figura 2. Estructura de los coronavirus. Forma simplificada de la estructura de una partícula de coronavirus, como el SARS-CoV-2, que tienen una envoltura de lípidos, su material genético es de ARN y tiene proteínas que forman espículas llamadas «S» que se proyectan de la partícula viral, se asocian a la superficie de la célula y permiten que el virus entre a la célula que infecta.





# COVID-19

## Fisiopatología de la enfermedad

Joaquín Hernández Román / joaquinhezroman@gmail.com  
Instituto de Fisiología  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Méd. Jahzeel Díaz Castillo / jahzeel01@gmail.com  
Hospital General Regional  
Instituto de Seguridad y Servicios Sociales  
de los Trabajadores del Estado de Puebla

**L**a fisiopatología (funcionamiento de un organismo durante el curso de una enfermedad) de COVID-19 aún es un campo de estudio no dilucidado del todo. Al momento sabemos que el virus SARS-CoV-2 afecta principalmente al sistema respiratorio humano, pero también tiene la capacidad de dañar a otros órganos.

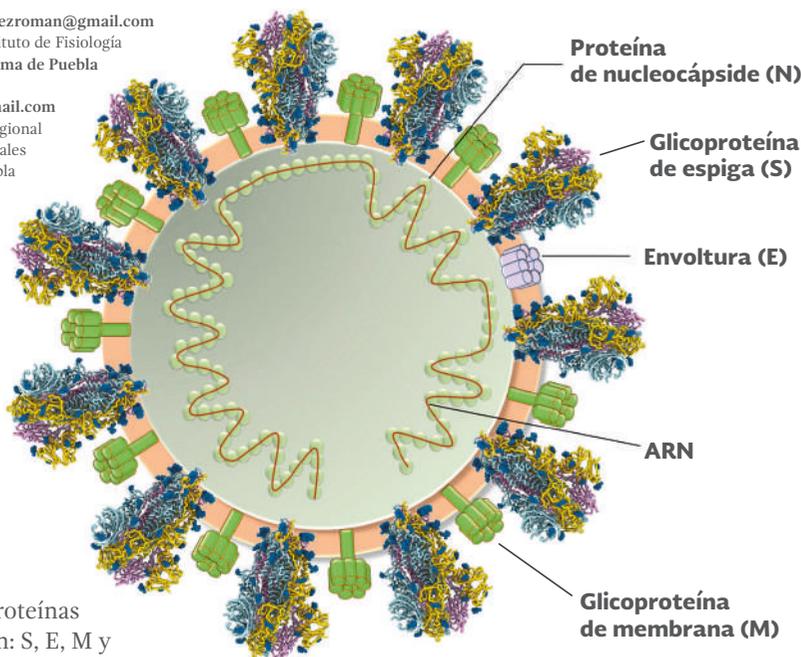


Figura 1. Estructura viral del SARS-CoV-2. Modificada de Kumar *et al.*, 2020.

### SARS-CoV-2: estructura

El virus SARS-CoV-2 cuenta con cuatro proteínas estructurales (figura 1), estas proteínas son: S, E, M y N. La proteína S es la responsable de la unión y entrada del virus al receptor de la célula objetivo del humano, este receptor es el de la enzima convertidora de angiotensina 2 (ECA2), que se encuentra expresado principalmente en las células objetivo del virus: las células epiteliales alveolares tipo II o neumocitos tipo II (células pulmonares que se encargan de producir el surfactante pulmonar que favorece la capacidad para intercambiar gases respiratorios). El receptor de la ECA2 también se encuentra presente en otros tejidos extrapulmonares como el corazón, riñón, vasos sanguíneos e intestinos y sistema nervioso, es por eso que también los afecta.

### Invasión del virus al neumocito tipo II

Una vez que el SARS-CoV-2 ingresó al sistema respiratorio, necesita una llave que le permita el ingreso a la célula huésped para poder multiplicarse, esta llave es la proteína S que se une al receptor de la ECA2 que funciona como la puerta de entrada a la célula. La unión de la proteína S al receptor ECA2 produce cambios conformacionales en la proteína S, y esto conduce a la fusión de la proteína de envoltura viral con la membrana de la célula huésped, es así como se logra la entrada del virus a través de la vía endosomal (ingestión de la célula) (figura 2).

La internalización del virus a la célula da como resultado la liberación del ARN viral dentro del neumocito tipo II

(en el citoplasma). Este ARN secuestra la maquinaria intracelular de producción de proteínas del neumocito tipo II para generar copias genómicas del virus, que posteriormente, generarán sus propias proteínas.

Con suficientes copias del genoma y suficientes proteínas estructurales del virus ocurre el ensamblaje de nuevos virus, este se lleva a cabo mediante la interacción del ARN viral y las proteínas en el retículo endoplásmico y el aparato de Golgi (organelos celulares que se encargan de la modificación y empaquetamiento de proteínas).

Los nuevos virus se liberan posteriormente de las células por exocitosis a través de vesículas (expulsión de la célula) para poder seguirse diseminando a otras partes del cuerpo o hacia afuera de este (figura 2).

### Respuesta inmunológica contra la infección

La infección por SARS-CoV-2 y la destrucción de las células pulmonares desencadena una respuesta inmune local, «el ejército»; reclutando macrófagos y monocitos (células del sistema inmunológico), «los soldados de primera línea», que responden a la infección, liberan citocinas (proteínas que estimulan el sistema inmunológico), «las



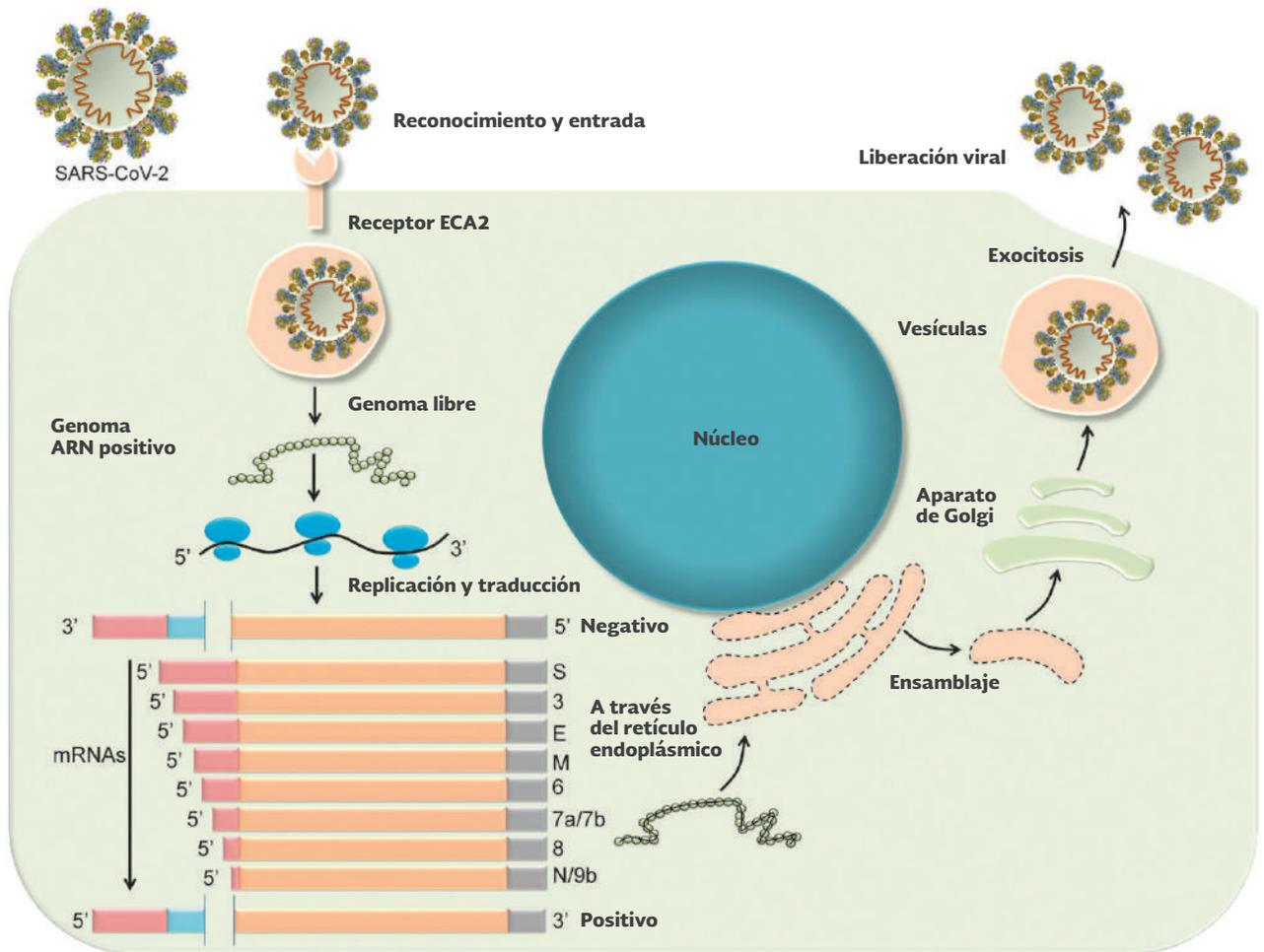


Figura 2. Mecanismo de entrada y replicación del SARS-CoV-2 en células huésped. Modificada de Kumar *et al.*, 2020.

granadas», y preparan respuestas inmunes adaptativas de linfocitos (glóbulos blancos) T y B «los súper soldados». En la mayoría de los casos, este proceso es capaz de resolver la infección, sin embargo, en otros se produce una respuesta inmune disfuncional conocida como «tormenta de citocinas», que puede conducir a la insuficiencia de múltiples órganos y con ello a la muerte.

## Daño a tejidos pulmonares

El virus comienza un segundo ataque, lo que hace que la condición del paciente se pueda agravar entre 7 y 14 días después del inicio de los síntomas llevándolo a padecer dificultad respiratoria severa. En las muestras de tejido pulmonares (biopsias) se ha evidenciado daño alveolar difuso bilateral, descamación prominente de neumocitos y formación de una membrana hialina, lo que indica signos de síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), también edema (hinchazón) pulmonar, activando el mecanismo de inflamación donde se acumulan glóbulos blancos alrededor de los bronquios y alvéolos de ambos pulmones, lo que explica la neumonía inducida por el SARS-CoV-2 (figura 3).

## El virus en poblaciones especiales

Para nuestra fortuna, los pacientes pediátricos con COVID-19 tienen síntomas relativamente más leves, en general, en comparación con los pacientes mayores, la razón

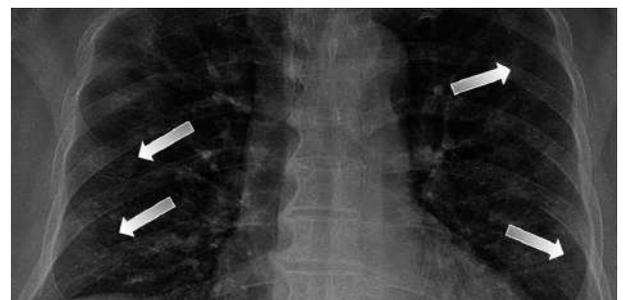


Figura 3. Radiografía de paciente con COVID-19. Se observan radiopacidades (imágenes blancas «algodonosas» o en «vidrio despulido») en las zonas cercanas a los bordes pulmonares señaladas con las flechas.

podría deberse a que la expresión del receptor ECA2 puede ser menor en la población pediátrica. Otro hecho importante es que el género también puede afectar la expresión del receptor ECA2, los niveles circulantes de ECA2 son más altos en hombres que en mujeres, lo que explica una mayor morbilidad en masculinos.

La diabetes *mellitus* podría facilitar la infección y el agravamiento por SARS-CoV-2, por causa del aumento de la entrada viral en las células y la respuesta inmune deteriorada; así mismo, los pacientes con hipertensión arterial sistémica se convierten en una población extremadamente vulnerable debido a que en ellos existe un aumento en la expresión del receptor ECA2. **H**

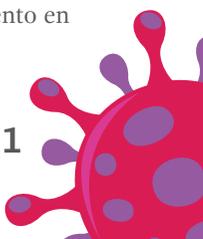




Foto: Polina Tankilevitch.

Robin Brandom Peña Bojorges / robinbpb@hotmail.com  
Facultad de Medicina  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Dra. María del Rocío Baños-Lara / marocio.banos@upaep.mx  
Centro de Investigación Oncológica "Una Nueva Esperanza"-Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

# COVID-19: todos los signos y síntomas que conocemos hasta ahora

**A** medida que la enfermedad COVID-19 gana terreno alrededor del mundo, la medicina y las ciencias relacionadas van adquiriendo conocimiento de la enfermedad y del SARS-CoV-2, el virus que la causa. Para identificar a quien posiblemente esté desarrollando la enfermedad debemos conocer los signos y síntomas. Al principio sabíamos que la tos, fiebre y dolor de garganta eran claras características, sin embargo, poco a poco se suman más a la lista.

El primer paso para entender los términos signo y síntoma, es saber distinguir qué es objetivo y qué es subjetivo; la objetividad es la cualidad propia del objeto, los signos son objetivos, son cambios que el médico o cualquier otra persona puede observar en el paciente y además los puede medir. Los síntomas en cambio son subjetivos, ya que están determinados por la percepción únicamente del sujeto, en este caso el paciente. Algunos ejemplos de síntomas son náuseas, dolor de cabeza y ansiedad. De este modo, los síntomas son lo que el enfermo siente y los signos en cambio son lo que el médico o u otra persona observa en el paciente.

## ¿Cuáles son los signos y síntomas de COVID-19?

Hasta ahora se sabe que el curso de la enfermedad puede variar de persona a persona. Los pacientes pueden desde no tener ningún síntoma hasta tener una neumonía (infección que causa inflamación en los pulmones) y en algunos casos puede ocurrir la muerte. El periodo de incubación varía dependiendo de diversos factores, pero se ha visto

**Síntomas en pacientes**

<b>80%</b> Leves a moderados	<b>15%</b> Grave con necesidad de ayuda mecánica para respirar
	<b>2-5%</b> Fase crítica en cuidados intensivos.

Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS).

que la mayoría de los pacientes desarrollan síntomas de manera gradual entre 2 y 14 días después de ser infectados.

En la figura 1 se mencionan los signos y síntomas que se han presentado en pacientes con COVID-19, de acuerdo con lo reportado por la OMS, el Centro de Control y Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos de América, médicos e investigadores de todo el mundo.

Algunos signos y síntomas se han observado más comúnmente que otros, la mayoría de los pacientes alrededor del mundo han manifestado fiebre (aunque la ausencia de fiebre no excluye el diagnóstico de COVID-19), tos, fatiga y producción de moco o flema. Otro síntoma común es la dificultad para respirar o sensación de falta de aire.

Con frecuencia se ha presentado dolor o picor de garganta, dificultad para tragar alimentos o líquidos y habitualmente, dolor de articulaciones y músculos. Otros signos y síntomas menos frecuentes son enrojecimiento o



# Signos y Síntomas de COVID-19

Autores: Robin B. Peña Bojorges y Ma. Del Rocío Baños Lara



Figura 1. Signos y síntomas de COVID-19. Autores: Robin B. Peña Bojorges y María del Rocío Baños Lara.

irritación de ojos, congestión y escurrimiento nasal y dolor de cabeza. En algunos casos se ha presentado tos con sangre, dolor u opresión en el pecho, e incluso pérdida del gusto o del olfato. También se han observado signos y síntomas de carácter digestivo como diarrea, náuseas y vómito.

En el menor número de los casos se han presentado signos y síntomas neurológicos como confusión, desorientación, mareos, incapacidad del habla, desvanecimientos y hasta pérdida de la fuerza o movilidad. Las manifestaciones dermatológicas relacionadas con COVID-19 se han hecho notar recientemente. Estas incluyen alteraciones como erupciones cutáneas, lesiones en forma de puntos rojos o violáceos en la piel, lesiones tipo urticaria, labios o cara azulados y decoloración de extremidades. Los síntomas

que requieren atención médica inmediata incluyen falta de aire o dificultad para respirar, dolor en el pecho o presión sobre éste y pérdida del movimiento o del habla. Una manera de conocer más el desarrollo y la evolución de esta enfermedad es la comunicación del paciente con el personal de salud. El paciente debe informar con detalle lo que percibe y siente, y el personal de salud debe hacer preguntas que pudieran informar acerca de aspectos en los que no se había puesto atención.

La medicina se enfrenta al gran reto de tratar de remediar una enfermedad al mismo tiempo que se va conociendo. En el futuro cercano es recomendable un análisis cuidadoso de signos, síntomas y resultados de laboratorio; en conjunto permitirá hacer una mejor caracterización de la enfermedad COVID-19. **H**





Divulgación

M. en C. Elizabeth Salinas Estrella / mvz.elisalinet@gmail.com  
Dra. Mayra Elizeth Cobaxin Cárdenas / mayracobaxin@gmail.com

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad  
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

# Rastreando al nuevo virus con corona

**E**ntre los malvados bichos a los que estamos expuestos, recientemente ha surgido un nuevo integrante que se ha proclamado rey debido a los daños que puede causar y a que expandió su reinado en poco tiempo, enfermado a todo el mundo. Su nombre común es el nuevo coronavirus, pero su nombre pomposo es SARS-CoV-2.

Muchos sabemos que la conquista de este villano comenzó en China, un país con una población muy grande, lo que le facilitó irrumpir una persona tras otra y ya que actualmente se requieren horas para viajar por el mundo y no ochenta días como en la era de Julio Verne, la invasión de este malévolo virus fue veloz. Por ello, para saber si este infecta a alguien, aunque no haya ningún síntoma, es necesario obtener información clasificada a partir del ejército protector de cada persona, llamado sistema inmunológico.

Cuando una bacteria, virus, parásito o bichos en general (patógenos) entra en nuestro cuerpo, el sistema inmunológico genera una alarma especial contra él, algo así como un soldado siempre atento a que el patógeno no cause problemas. Las alarmas o soldados se conocen como anticuerpos, estos quedan distribuidos por todo el cuerpo incluso después de que se elimine el patógeno en cuestión, y pueden ser de varios tipos. Los M son los primeros que se generan contra un invasor mientras que los G tardan más tiempo en «entrenarse» y distribuirse en el cuerpo de una persona infectada.





Pero, encontrar anticuerpos no siempre indica que una persona esté protegida contra los patógenos, sólo que los invasores fueron reconocidos por el ejército inmunológico como extraños y se activaron las alarmas contra ellos. Cuando se está protegido, estos detectan una nueva invasión por el mismo patógeno y activan a otros elementos defensores, quienes lo eliminan sin que se genere enfermedad en la persona que el invasor quería infectar.

Por ello, los anticuerpos pueden decir a los científicos y médicos si una persona ya estuvo en contacto o no con el nuevo coronavirus, aunque ya no puedan encontrarlo dentro del cuerpo de la persona o aunque esa persona no presente síntomas de enfermedad.

El rastreo por anticuerpos se utiliza en muchos países, pero aún no hay un método oficial en México. El método diagnóstico ideal debería ser muy específico: esto es que

**pueda identificar sin error que el virus invasor capturado en una persona es el SARS-CoV-2**

y no alguno de sus primos, por ejemplo, los petulantes SARS-CoV o MERS; que sea sensible, es decir que pueda

detectar anticuerpos contra este virus, a pesar de que haya muy pocos y que, por lo tanto, pueda ser usado desde el inicio de la infección; también debe ser cualitativo y cuantitativo: que indique si se han formado anticuerpos M o G y la cantidad que haya de cada uno en una persona, ya que pueden ser indicativos de la evolución de la enfermedad en un paciente; también debe ser de aplicación masiva o individual, esto es, que se puedan probar pocas o muchas muestras al mismo tiempo; debe poder repetirse para asegurar que el resultado sea correcto y debe ser económico y estar disponible en todo México, incluso mejor si no requiere equipo especial; sin embargo, lo principal es que no haya falsos positivos ni falsos negativos.

Es importante saber que todos podemos ayudar a combatir a este y otros patógenos que quieran apoderarse de nuestra salud. Siempre hemos estado en contacto con microorganismos a quienes nuestro ejército inmunológico ha mantenido bajo control, pero en ocasiones, nos descuidamos y los patógenos aprovechan para invadir nuestro cuerpo, debilitando nuestro sistema inmunológico para así dispersarse por el mundo. El mejor plan de ataque son las medidas de prevención como la higiene y las vacunas, medidas de control como el diagnóstico oportuno y tratamiento adecuado, y sobre todo obtener información científica ya que conocer a estos microorganismos es vital para poder derrotarlos. **H**





Dra. Sandra Sánchez Barbosa / profra.sandrasb@gmail.com  
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas  
Instituto Politécnico Nacional

Imagen: National Institute of Allergy and Infectious Diseases.

# Saber si tienes COVID-19 es cosa de tres

## El diagnóstico de enfermedades depende de qué tan bien las conozcamos.

**L**os virus son uno de los modos de transmisión de enfermedades más comunes, porque se pueden encontrar en todos lados; sin embargo, son prácticamente invisibles y sólo se puede saber que existen hasta que causan una enfermedad. Por eso, detectarlos es un reto para el personal de salud.

El diagnóstico de enfermedades depende de qué tan bien las conozcamos. Aunque no conocemos todo sobre el virus SARS-CoV-2, conocemos lo suficiente para detectarlo. En la figura 1, se representa un virus SARS-CoV-2, donde se muestran características importantes para su detección.

En primer lugar, dentro de él, se encuentra su ARN (ácido ribonucleico), esto es, su material genético, que es la información para crear más virus iguales. En segundo lugar, son proteínas, lípidos y/o carbohidratos en la superficie del virus que nuestro sistema inmune puede detectar y que por eso llamamos antígenos. Tercero, los anticuerpos, unas proteínas especializadas del sistema inmune de nuestro cuerpo que sirven para identificar lo que es extraño. Con base en este conocimiento, es posible crear tres tipos de pruebas para diagnosticar la enfermedad, cada una identificando una de las tres moléculas mencionadas.

En el caso del material genético, el ARN es la molécula identificada en la prueba estándar para identificar al SARS-CoV-2. Como el estudio de COVID-19 impulsó la cooperación entre los científicos, rápidamente se tuvo información de su material genético, suficiente para encontrar partes únicas que identifican a este virus. Este tipo de prueba es muy sensible y detecta hasta cantidades diminutas del virus en una muestra, ya sea de sangre, de raspado nasofaríngeo, de superficies o de otro tipo (figura 2). Sin embargo, necesita equipo, reactivos y capacitación especializados y caros, lo cual supone una desventaja para su uso masivo. Una de sus ventajas es que el virus se inactiva al tomar la muestra, mejorando la seguridad para quienes realizan la prueba.

Para realizar una prueba diagnóstica en las moléculas llamadas antígenos, es posible hacerla con el mismo tipo de muestras que para analizar material genético, pero se necesitan crear artificialmente herramientas que identifiquen a los antígenos de forma específica, lo cual no es tarea fácil ni rápida. Sin embargo, es una prueba diagnóstica bastante sensible que puede hacerse en un laboratorio con equipo menos especializado y con una capacitación más común en el diagnóstico clínico (figura 2). Como una desventaja, la muestra se mantiene infecciosa un poco más de tiempo, importante en el ámbito clínico.



La identificación de anticuerpos producidos por el cuerpo contra el virus es otra estrategia. Es una prueba indirecta, pero muy parecida en equipo y capacitación a las pruebas diagnósticas en antígenos, lo cual es una ventaja. Los anticuerpos son producidos frecuentemente después de enfrentar una enfermedad, y al analizarlos, podemos saber si alguien ya se ha enfermado o si ha sido vacunado para esa enfermedad. Por eso, dependiendo de cuál anticuerpo se identifica (hay diferentes tipos), podemos saber si es una infección temprana o tardía y puede permitir saber si se produce inmunidad contra el virus en la población.

Como dato curioso, son todas estas propiedades de los anticuerpos en las que se basan cinco ensayos clínicos en nuestro país dedicados a tratar pacientes de COVID-19 con plasma de pacientes recuperados.

En México, los retos más importantes para el diagnóstico son la falta de laboratorios adecuados para realizar la prueba estándar y una estrategia limitada de diagnóstico para casos sintomáticos de COVID-19. Aunque se cuenta con laboratorios clínicos y de investigación con equipo y capacitación adecuados, sólo se aprobó la participación de algunos laboratorios, sobre todo de aquéllos involucrados en la epidemia de influenza AH1N1 del 2009. Eso sin contar el hecho de que la prueba estándar casi siempre requiere reactivos de importación, lo cual retrasa las pruebas.

Así que ahora conoces las partes del virus que permiten su diagnóstico, así como las pruebas que se utilizan en el país. **H**

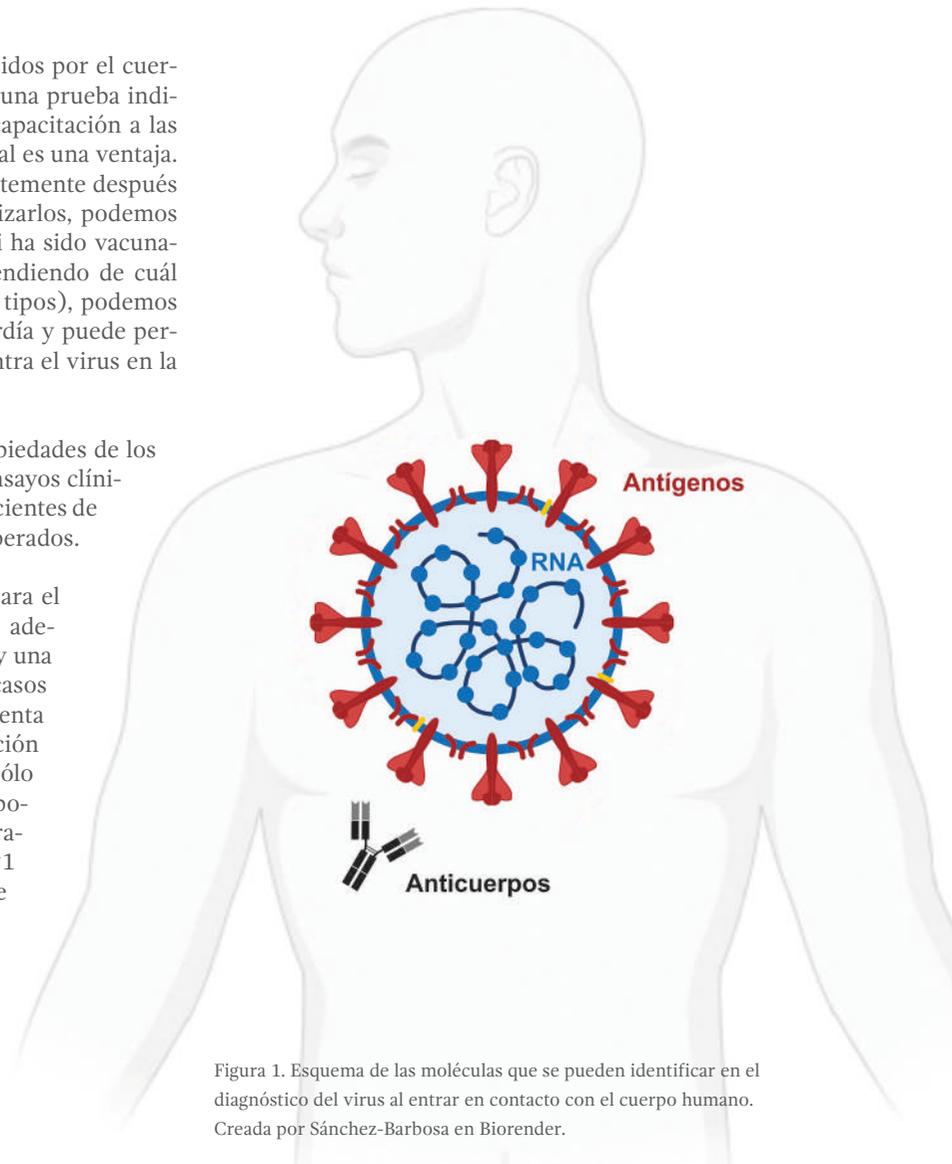


Figura 1. Esquema de las moléculas que se pueden identificar en el diagnóstico del virus al entrar en contacto con el cuerpo humano. Creada por Sánchez-Barbosa en Biorender.

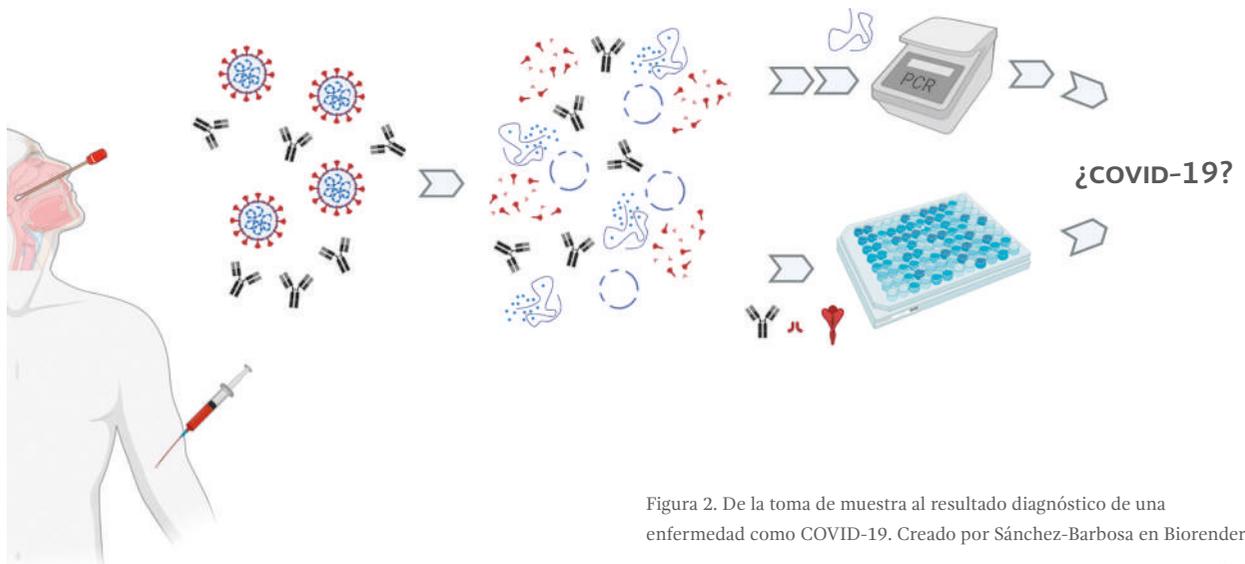


Figura 2. De la toma de muestra al resultado diagnóstico de una enfermedad como COVID-19. Creado por Sánchez-Barbosa en Biorender.





Dr. Luis Ramón Carreño Durán / lcarreno@ipn.mx  
M. en C. Aura Patricia Hernández Olicón / heolap90@gmail.com  
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas  
Instituto Politécnico Nacional

Dr. Fabián Gómez Santiago / fgomezantiago@hotmail.com  
Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos

# Una nueva forma de identificar al SARS-CoV-2

**D**adas las consecuencias económicas y en salud de la actual pandemia de COVID-19 ocasionada por el virus SARS-CoV-2, el diagnóstico oportuno es muy importante al inicio de la enfermedad para evitar la forma grave y en última instancia la muerte del paciente, por lo que combatir su propagación y la correcta aplicación de las medidas de distanciamiento social son primordiales.

Actualmente, el diagnóstico molecular se realiza en aproximadamente seis horas mediante cambios rápidos de temperatura (96°C-75°C-55°C) con la técnica de reacción en cadena de la polimerasa cuantitativa acoplada a una retrotranscripción (RT-qPCR). Debido a que el genoma del virus es de ARN (ácido ribonucleico), primero tiene que convertirse en ADN (ácido desoxirribonucleico) para que pueda ser detectado, es decir, amplificar miles de veces copias idénticas de un gen específico que confirme la presencia del virus en las células blanco.

Como se puede observar, sólo algunos laboratorios pueden realizar la prueba de RT-qPCR y esto es debido al requerimiento de infraestructura especializada, equipos e instrumentos costosos, como los termocicladores que son los que hacen los cambios rápidos de temperatura, así como de personal técnico calificado, por lo que estos laboratorios pueden presentar rezagos en la entrega de resultados debido a la enorme carga de trabajo. Así, el desarrollo de pruebas de identificación rápida, de bajo costo y de fácil ejecución en los laboratorios con poco presupuesto, tendrá un impacto positivo en la salud pública.

Recientemente, se ha extendido el uso de una técnica de laboratorio isotérmica denominada Amplificación Isotérmica mediada por Bucle (LAMP, *Loop-mediated Isothermal Amplification*, por sus siglas en inglés). Ésta ha funcionado para identificar diversos patógenos demostrando ser rápida y sensible, sobre todo porque se puede realizar sin equipo especializado, ya que no necesita cambios de temperatura y además la capacitación al personal es más sencilla.

La efectividad de LAMP se basa en el diseño de iniciadores, los cuales son pequeñas secuencias de nucleótidos («letras» de las que está compuesto el ADN) que reconocen fragmentos de ADN del organismo de interés para comenzar la replicación de un gen particular ya que estos iniciadores son muy específicos; a diferencia de PCR que utiliza dos iniciadores, la técnica LAMP requiere de cuatro a seis, los cuales permiten reconocer ocho regiones diana que le confieren alta especificidad al método y además, se encargan de formar las estructuras de bucle (son espirales que le dan el nombre a la técnica).

Imagen: National Institute of Allergy and Infectious Diseases.

## Las pruebas de diagnóstico basadas en RT-LAMP tienen un potencial uso para cualquier laboratorio.

Por otro lado, la enzima, proteína que une los nucleótidos para hacer las copias de ADN, tiene una actividad desplazante de cadena, es decir que separa a la cadena nueva de la original, por lo que no se necesita el cambio de las temperaturas. En la figura 1 se muestran las principales diferencias entre ambas técnicas.

Como se mencionó, la técnica RT-LAMP es un método de amplificación de un solo paso, lo que significa que la reacción se realiza en una sola mezcla de reacción y es posible detectar desde cien copias del ARN viral del SARS-CoV-2. Es altamente específica debido a que no da positivo con otros virus respiratorios de la misma familia del coronavirus que afecta a humanos, obteniendo así un diagnóstico confiable.

La reacción molecular es compleja, sin embargo, su ejecución no; por ejemplo, en un microtubo se colocan los siguientes elementos: iniciadores, enzima, agua y el ARN del virus. Toda la mezcla se incuba a 60°C durante una hora en un baño maría -que podría ser con un calentador eléctrico, incluso en África, para el diagnóstico de paludismo se hace con una resistencia que transforma la energía de una batería de automóvil en calor-, una vez transcurrido el tiempo, se puede acoplar un instrumento que pueda detectar variaciones en la turbidez de la mezcla final y si no se cuenta con él, es posible adicionar un indicador de

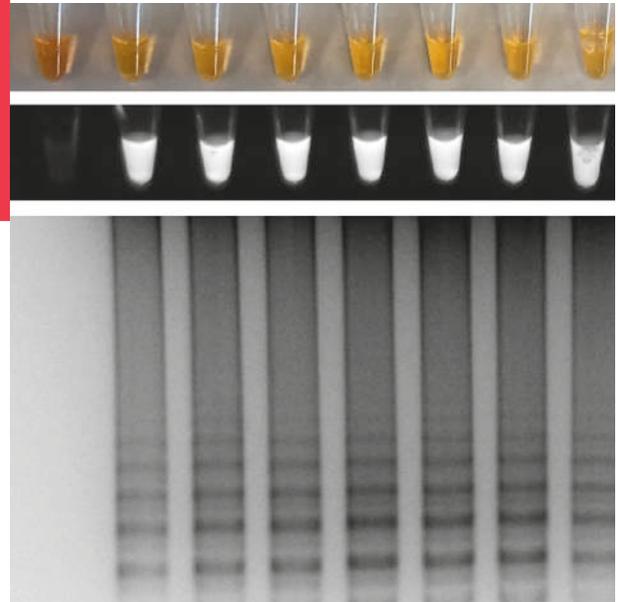


Figura 2. Prueba RT-LAMP usando diferentes diluciones de SARS-CoV-2.

color rosa o violeta, que cambiará a amarillo o azul si la muestra contiene o no el SARS-CoV-2 (figura 2).

Aunque la RT-LAMP presenta los desafíos de optimizar los iniciadores y las condiciones de reacción, las pruebas de diagnóstico basadas en ella tienen un potencial uso para cualquier laboratorio con la suficiente infraestructura y confiabilidad como actualmente las realiza el gobierno federal. Observamos ventajas sobre la RT-qPCR, principalmente en el costo e instalaciones, así como la facilidad de interpretación, sin olvidar la entrega oportuna de resultados en menor tiempo, por lo que LAMP es una alternativa útil para el control y monitoreo de la actual pandemia. **H**

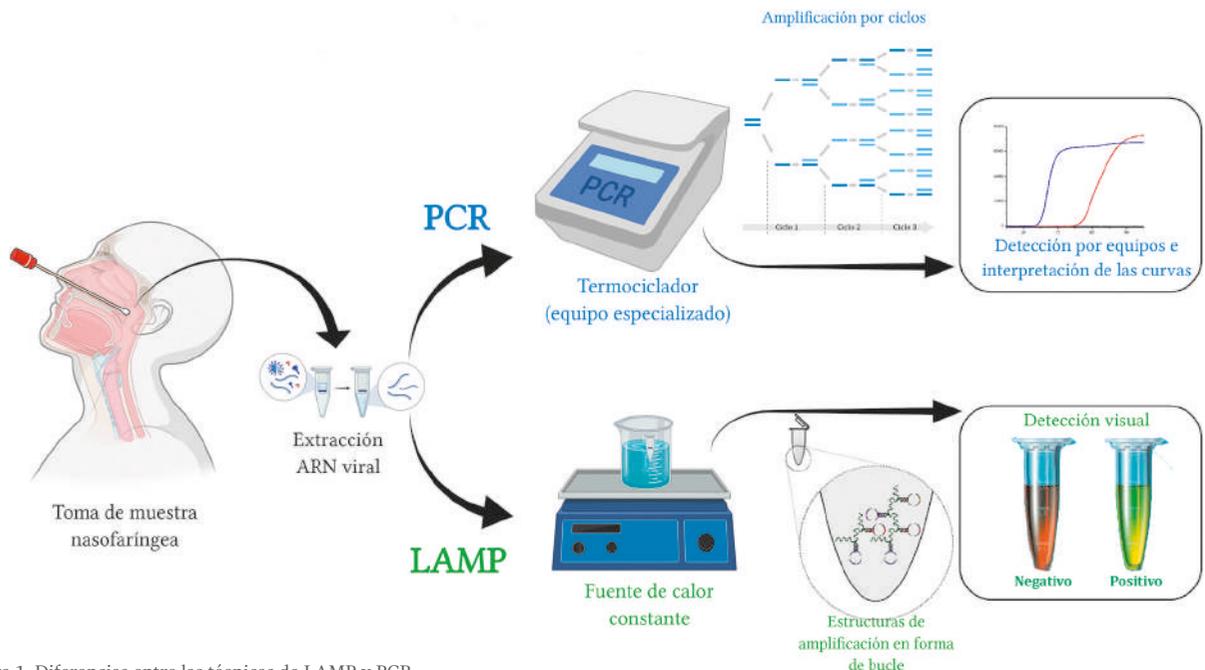


Figura 1. Diferencias entre las técnicas de LAMP y PCR.

Imagen: Lamb LE, Bartolone SN, Ward E, Chancellor MB.



Reconocimiento al Mérito Estatal  
de Investigación (REMEI) 2019

# Morelos reconoce a su comunidad científica

**E**l gobierno del estado de Morelos, a través del Consejo de Ciencia y Tecnología, reconoce y estimula el quehacer de la comunidad científica, tecnológica y de innovación en la entidad, mediante el otorgamiento de un reconocimiento a los trabajos de investigación científica y tecnológica de calidad y alto nivel, así como su promoción y difusión realizada, cuya obra en estos campos los hagan acreedores a tal distinción.

Considerando que los reconocimientos y estímulos económicos entregados contribuirán a fortalecer la investigación científica de la entidad y la formación de nuevos investigadores, además de que la aplicación de los resultados de estas investigaciones de alta calidad favorecerán al bienestar de la sociedad.

Categoría: Tecnología  
Subcategoría: Investigación e innovación

**Dr. Rito Mijarez Castro**  
Equipo de investigadores: Roberto Castán Luna, José Martín Gómez López, David Pascacio Maldonado, Iván Martínez Campuzano, Agustín Javier Antúnez Estrada y Ricardo Guevara Gordillo.

Gerencia de Control, Electrónica y Comunicaciones  
Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL)

Como parte de su trayectoria en la generación de tecnología, el Grupo de Instrumentación Electrónica (GIE) liderado por el doctor Mijarez Castro, en 2019 concluyó el proyecto «Herramienta de medición de alta presión y alta temperatura para fondo de pozos petroleros», financiado por el Fondo SENER-CONACYT-Hidrocarburos y el INEEL. Esta tecnología cuenta con tres patentes nacionales otorgadas por el IMPI, y dos internacionales, en Estados Unidos y China. Con ello, por primera vez en su historia, al INEEL se le otorga una patente en el competitivo mercado del petróleo y gas en dos de las más importantes economías a nivel mundial.



Categoría: Ciencia  
Subcategoría: Investigación científica

**Dra. Hailin Zhao Hu**

Instituto de Energías Renovables  
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Las actividades científicas de la doctora Zhao Hu se centran en los estudios de las propiedades eléctricas, ópticas y optoelectrónicas de películas delgadas de polímeros conductores. Con este conocimiento, ha desarrollado celdas fotovoltaicas con semiconductores poliméricos con tecnología de bajo costo para la conversión de la energía solar a eléctrica.

Categoría: Tecnología  
Subcategoría: 3.c. Reconocimiento al mérito

**Dr. Simón Barquera Cervera**

Centro de Investigación en Nutrición y Salud  
Instituto Nacional de Salud Pública (INSP)

El doctor Barquera Cervera cursó sus estudios de doctorado (1997-2005) en Nutrición Aplicada y Epidemiología Nutricional (Escuela Friedman de Ciencias y Políticas de la Nutrición, Universidad de Tufts, Boston). Como líder en investigación epidemiológica de las enfermedades crónicas, es coinvestigador de la Encuesta de Nutrición y Salud de México (ENSANUT) (1999, 2006, 2012, 2016), investigador principal en México de los proyectos internacionales INFORMAS (World Obesity Federation) y Ciudades cambiando la diabetes - CDMX (Robert Wood Johnson Foundation) y fungió como presidente del Colegio de Profesores de Nutrición (2006 - 2017). Entre 2009 y 2017 se desempeñó como director del área de Investigación en Políticas y Programas de Nutrición en el INSP. A partir de mayo del mismo año, tomó el cargo de director del Centro de Investigación en Nutrición y Salud de la misma institución, donde también es líder de la línea de investigación en obesidad, diabetes y riesgo





La categoría de Tecnología, subcategoría: 3.b Divulgación y vinculación (comunicación de la ciencia) se declaró desierta.

cardiovascular (2015-presente). La incidencia del trabajo y las investigaciones del doctor Barquera, han sido generadores de cambio en la toma de decisiones para mejorar la salud a nivel estatal y nacional. Su notable trayectoria se ha visto siempre rodeada de la divulgación científica para acercar a la comunidad a tomar decisiones sobre su alimentación de manera responsable, involucrando por igual a mujeres y hombres.

Categoría: Tecnología  
Subcategoría: 3.a Tesis de investigación (doctorado)

### **Dra. Araceli Hernández Granados**

Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas  
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

El objetivo de «Estructuras mesoporosas de TiO<sub>2</sub> y su aplicación en celdas solares de tercera generación» es la obtención de películas de dióxido de titanio mesoporoso como capas de soporte y transportadoras de electrones por medio de una técnica económica y fácil, con las que se fabricaron celdas de Sb<sub>2</sub>(SxSe1-x)<sub>3</sub> sensibilizadas con CdS y de perovskita, ambas con mayor eficiencia de conversión de energía en celdas de tercera generación.



Dra. Araceli Hernández Granados, Dra. Hailin Zhao Hu y Ing. Ana Lilia César Munguía.

Categoría: Tecnología  
Subcategoría: 3.a Tesis de investigación (maestría)

### **M. en C. Betzabelt García Muñoz**

Centro de Investigaciones Químicas  
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

El proyecto titulado «Síntesis de imidas incorporando L-ornitina y la evaluación de sus propiedades fluorescentes» destaca el creciente interés en el diseño de nuevas moléculas fluorescentes debido a sus diversas aplicaciones en medicina, optoelectrónica y química supramolecular. Así como resaltar el descubrimiento de moléculas pequeñas con alto potencial farmacológico y su importancia en la generación de nuevos fármacos. Como parte del trabajo realizado se propone la síntesis de nuevas imidas y el estudio de sus propiedades fluorescentes.

Categoría: Tecnología  
Subcategoría: 3.a Tesis de investigación (licenciatura)

### **Ing. Ana Lilia César Munguía**

Instituto de Energías Renovables  
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

El proyecto titulado «Desarrollo de un programa para la evaluación técnico-económica del uso de captadores solares para el calentamiento de aire aplicado a la deshidratación de alimentos» buscó caracterizar experimentalmente diferentes arreglos de captadores solares de aire de acuerdo con el estándar internacional iso 9806:2017. Se desarrolló y programó el *software* con una interfaz amigable para el usuario con gran relevancia en procesos industriales, por lo que tiene amplias perspectivas de aplicación. **H**





M. en B. César Flores de los Ángeles / cesar.flores@upaep.edu.mx  
Dr. José Luis Cortéz Sánchez / luiscortezs@hotmail.com  
Dra. Elizabeth Bautista Rodríguez / elizabeth.bautista@upaep.mx

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

# Maternidad en tiempos del coronavirus

**L**a emergencia sanitaria provocada por el nuevo coronavirus SARS-CoV-2 es una preocupación constante para todos, sin embargo, para una mujer embarazada o en el periodo de maternidad la angustia puede ser mayor, ya que es posible que el feto o el recién nacido se contagie.

Diversos artículos publicados en revistas científicas como *American Journal of Obstetrics & Gynecology*, *American Journal of Physiology*, *Frontiers in Pediatrics*, *Journal of Medical Virology*, *Journal of Perinatal Medicine*, *Nature Communications* y la Revista

Española de Salud Pública informan que las mujeres embarazadas tienen la misma susceptibilidad que otros adultos a infectarse con SARS-CoV-2 que provoca la enfermedad COVID-19.

La mayoría de las pacientes han presentado sintomatología de leve a moderada como tos, fiebre, dolor de cabeza y garganta, sin embargo, se reporta que las mujeres embarazadas o en posparto con COVID-19 tienen un mayor riesgo de ingresar a la unidad de cuidados intensivos, siendo el parto prematuro la complicación más frecuente seguido de preclamsia y muerte perinatal.

En consecuencia, es importante que las mujeres embarazadas se comuniquen constantemente con su obstetra con el fin de coordinar las citas de revisión, informar sobre posibles síntomas de COVID-19 y para verificar que se cuente con el quirófano, los insumos y materiales necesarios para el parto.

Con respecto a la transmisión madre-hijo, un grupo de investigadores chinos realizó la búsqueda del virus en líquido amniótico, sangre del cordón umbilical, hisopado de garganta



Foto: Jonathan Borboa.



## Se han descrito algunos casos de neonatos infectados con SARS-CoV-2, y se piensa que la transmisión ocurrió en las primeras horas de vida.



Foto: Sam Moody.

neonatal y en leche materna en seis pacientes positivas a SARS-CoV-2, todas las muestras resultaron negativas, no obstante, el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF, por sus siglas en inglés) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han concluido que no hay suficiente evidencia que descarte la transmisión del virus de madre a hijo.

En 2004, el Centro de Control y Prevención de Enfermedades en Estados Unidos determinó que el virus causante de la gripe común, así como el SARS-CoV no se transmiten a través de la leche materna, además, se ha reportado que los anticuerpos contra otros virus como el de la influenza son secretados en la leche y son capaces de conferir protección al neonato hasta que él produzca sus anticuerpos. Por lo tanto, se recomienda en todo momento continuar con la lactancia.

Respecto a esta transferencia de anticuerpos, de forma interesante se han detectado para SARS-CoV-2 en leche materna y en sangre de recién nacidos de madres que cursaron con enfermedad por COVID-19. Sin duda, el cuidado pediátrico, junto con el fortalecimiento del sistema inmune resultado de la lactancia materna es prometedor para aquellos neonatos diagnosticados con COVID-19, por lo que será necesario que se realicen más estudios.

Por otro lado, actualmente no existe una vacuna para el SARS-CoV-2, no obstante, se aconseja seguir el esquema de vacunación y no cancelarlo por ningún motivo ya que las vacunas actuales confieren protección contra otras enfermedades como el sarampión, la hepatitis B, el

rotavirus e influenza tipo B, que pueden ser mortales para el neonato.

Hasta el momento, se han descrito algunos casos de neonatos infectados con SARS-CoV-2, y se piensa que la transmisión ocurrió en las primeras horas de vida. Por esta razón la OMS recomienda que después del nacimiento se mantengan las siguientes medidas: si las madres fueron diagnosticadas con COVID-19 y les es posible amamantar, éstas deberán usar mascarilla y careta, así como lavarse las manos y el seno antes de amamantar y tener contacto con el bebé.

De los casos reportados de neonatos confirmados con COVID-19, los síntomas que presentan son fiebre, diarrea, taquicardia y dificultad para respirar, no obstante, la mayoría ha tenido pronósticos favorables y no han presentado complicaciones. A pesar de ello, debemos poner atención al informe de la OMS del 16 de mayo de 2020 que alerta sobre el posible vínculo entre el SARS-CoV-2 y un nuevo síndrome inflamatorio multisistémico que se ha presentado en niños de Inglaterra, Italia y Estados Unidos.

De esta forma es crucial seguir las recomendaciones y las medidas de protección de la UNICEF, la OMS y de las asociaciones de pediatría de forma constante, sin excepciones y de manera estricta en el caso de los neonatos, pues, aunque los datos clínicos muestran síntomas leves, y por ende, pronósticos favorables, no debemos confiarnos, por el contrario, debemos seguir los cuidados para mantener al virus causante de COVID-19 alejado de nuestras vidas y de lo más importante, nuestros hijos. **H**



Foto: Natalia Szymanska.





**T**odo comenzó en el mes de diciembre del 2019 en la ciudad de Wuhan, China, cuando se identificó el virus SARS-CoV-2, que es causante de una enfermedad respiratoria aguda con neumonía, conocida actualmente como COVID-19. En los últimos meses se ha extendido por todo el mundo, y de acuerdo con estadísticas de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la mayoría de los casos se presenta en adultos entre los 30 y 59 años, afectando más a hombres que a mujeres.

Para la mortalidad por COVID-19, se han identificado factores de riesgo como personas mayores de 60 años, mujeres embarazadas y personas con enfermedades preexistentes como diabetes, hipertensión, obesidad, asma, cáncer, VIH/SIDA, enfermedades inmunológicas, entre otras.

Por otra parte, los pacientes pediátricos son un gran misterio en tiempos de COVID-19, ya que sólo un pequeño porcentaje de ellos ha sido afectado, además de eso una fracción aún menor presenta complicaciones por la enfermedad; prueba de esto es que en México la mayoría de los casos se han podido manejar desde casa, sólo una minoría ha requerido manejo hospitalario y un porcentaje aún menor requirió atención en terapia intensiva.

### **Pero, ¿por qué COVID-19 es menos grave y frecuente en pacientes pediátricos?**

Al inicio de la pandemia se creía que los niños y recién nacidos eran susceptibles al virus porque su sistema inmunológico no está bien desarrollado, lo cual fue desmentido

Dr. Rodolfo Abarca Vargas / [rodolfo.abarca@uaem.mx](mailto:rodolfo.abarca@uaem.mx)  
Carlos Azaf Meza Medina / [azaf2312@gmail.com](mailto:azaf2312@gmail.com)  
José Alfredo González Ortiz / [jose.gonzalezo@uaem.edu.mx](mailto:jose.gonzalezo@uaem.edu.mx)

Facultad de Medicina  
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

# **COVID-19 en pacientes pediátricos**

por diversos estudios que concluyeron que los niños y recién nacidos, no representan una población potencialmente susceptible a desarrollar una forma grave o crítica de la enfermedad.

Poco se conoce el motivo por el cual sucede esto, pero existen algunas hipótesis, una de ellas menciona que se debe a que en los niños la función del timo (órgano especializado en el sistema inmunológico) no es completamente funcional, por lo que no se lleva a cabo la maduración de los linfocitos T (tipo de leucocitos defensores del cuerpo). Con la edad el timo tiende a atrofiarse (disminución de la función), esto hace pensar que este órgano desempeña un lugar importante en la baja mortalidad de COVID-19 en niños.

Por otra parte, se sabe que el virus SARS-CoV-2 al invadir las células que conforman al sistema respiratorio, provoca la neumonía y las células que conforman el sistema



Foto: Jonathan Borba.



inmune, entre ellas los linfocitos T comienzan a producir citocinas (proteínas que regulan la inflamación), estas sustancias cuando se liberan de manera excesiva causan daño al organismo (fenómeno conocido como síndrome de tormenta de citocinas). Cabe mencionar que las citocinas no son «dañinas» por sí mismas, sino que es por la cantidad y su actividad incrementada.

Se podría decir que, en el caso de este síndrome, el sistema inmune hace más daño al cuerpo que la propia infección. Algunas hipótesis se basan precisamente en esto, la falta de desarrollo del sistema inmune de los niños junto con otros factores como los hormonales y de crecimiento (son fenómenos biológicos moleculares específicos de los infantes) podrían impedir que se desarrolle el síndrome de tormenta de citocinas, lo que a su vez apoyaría a la respuesta frente al COVID-19.

Otra hipótesis, plantea que se debe a la Enzima Convertidora de Angiotensina 2 (ECA-2) que se encuentra en gran medida en la membrana de las células pulmonares (neumocitos tipo II) y su importancia radica en que actúa como receptor para el SARS-CoV-2 gracias a la proteína *spike* que manifiesta en su superficie. Se dice que la ECA-2 en niños se encuentra en pequeñas cantidades y es debido a esto que esta población resulta ser menos susceptible a desarrollar COVID-19 o posibles complicaciones.

Además, hay que considerar que los niños a diferencia de los adultos tienen menos comorbilidades (presencia de uno o más trastornos además de la enfermedad primaria), lo que disminuye la probabilidad de desarrollar una complicación; por otro lado, los niños experimentan con frecuencia infecciones víricas respiratorias, en especial durante el periodo invernal, nos hace pensar que podrían tener niveles más elevados de anticuerpos contra virus que los adultos lo que podría ayudar contra la infección por SARS-CoV-2.

Es importante tener en cuenta que aunque los niños son menos susceptibles a desarrollar complicaciones por

### COVID-19 en niños menores de 5 años

Signos y síntomas	Pacientes que lo presentaron (%)
Fiebre	50-60
Rinorrea, congestión nasal, dolor de garganta	38
Dolor abdominal, vómitos y diarrea	15

Tabla 1. Síntomas y signos más frecuentes en casos confirmados por laboratorio en menores de 5 años.

### COVID-19 en niños mayores de 5 años

Signos y síntomas	Pacientes que lo presentaron (%)
Fiebre	87.9
Tos seca	67.7
Debilidad o fatiga	38.1
Expectoración	33.4
Dificultad respiratoria	18.6
Dolor de garganta	13.9
Dolor de cabeza	13.6
Dolor muscular y de articulaciones	14.8
Escalofríos	11.4
Nauseas o vómitos	5
Congestión nasal	4.8
Diarrea	3.7
Tos con sangre	0.9
Congestión conjuntival	0.8

Tabla 2. Síntomas y signos más frecuentes en casos confirmados por laboratorio en mayores de 5 años.

COVID-19, en algunos casos sí se han presentado. Prueba de ello es que en niños mayores de 5 años y posterior a la fase aguda de la enfermedad se puede llegar a manifestar como un síndrome inflamatorio multisistémico (PIMS); asimismo, en menores de 5 años, estudios recientes han asociado a COVID-19 con la enfermedad de Kawasaki (EK), un trastorno que produce inflamación en las paredes de algunos vasos sanguíneos del cuerpo. En las tablas 1 y 2 se pueden revisar los signos y síntomas más frecuentes en casos confirmados por laboratorio de pacientes pediátricos.

La respuesta a la pregunta planteada en este artículo, podría ser la clave para encontrar una vacuna, un medicamento efectivo o un método de prevención eficaz contra la infección por SARS-CoV-2, y aunque estadísticamente los niños tienen menor probabilidad de desarrollar alguna complicación de COVID-19 que los adultos, no hay excepción de presentarlas. Por eso es recomendable seguir las medidas preventivas establecidas por las instituciones de salud pública para evitar contraer la enfermedad. **H**



# Resolver la biología para reactivar la economía



Foto: Alexandre Fukugava.

Cuando la epidemia ficticia del insomnio llegó a Macondo, nadie creyó que fuera motivo de preocupación sino hasta que experimentaron por sí mismos los efectos del olvido. Entonces, se empezaron a tomar medidas públicas y personales para evitar el contagio a otras aldeas, a tal punto que, luego de un tiempo, la cuarentena fue tan eficaz para evitar su propagación que no hubo que preocuparse más por la enfermedad y retomaron sus actividades cotidianas con las debidas precauciones.

La situación descrita en *Cien años de soledad* del célebre García Márquez, no es muy distinta a lo que hoy en día vivimos a nivel mundial con la crisis de salud provocada por el agente viral SARS-CoV-2, excepto por su carácter mortal.

Pese a las recomendaciones emitidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y los gobiernos de cada país, el fin de la pandemia está todavía lejano, aunque la vida diaria tiene que seguir y en especial las actividades económicas, que son uno de los pilares fundamentales para mirar con confianza y seguridad el futuro. Por ello, con la disminución aproximada de 12 millones de empleos al inicio de la pandemia, de acuerdo con datos de la Encuesta Telefónica de Ocupación y Empleo (ETOE, 2020), el escenario actual en México en materia de economía y seguridad laboral ejemplifica una obiedad postergada: para reactivar la economía es prioritario atender y resolver la biología del COVID-19.

Existe un consenso entre expertos de la salud de que hay al menos dos vías para contener la pandemia y volver con plenitud a las actividades económicas: la





Foto: Cheshire East Council.

inmunización segura mediante una vacuna, o bien, la implementación de políticas públicas que generen un comportamiento colectivo saludable, lo suficientemente robusto como para aplanar la curva de contagios en la población.

La primera opción avanza con velocidad, sobre todo, si consideramos que la historia de la inmunología nos demuestra que los ensayos clínicos forman parte de un proceso que lleva décadas para lograr una vacuna efectiva para un agente infeccioso específico, como es el SARS-CoV-2. Por ejemplo, para llegar a una inmunización segura de la viruela, o más recientemente del ébola con la vacuna experimental vsv-EVOV, el proceso se logró en no menos de diez años. En la actualidad, a ocho meses del brote de la pandemia están en desarrollo avanzado seis posibles vacunas, de las cuales, dos parecen ofrecer resultados alentadores.



### La vacuna AZD1222 desarrollada por la Universidad de Oxford y la farmacéutica AstraZeneca, está en la fase de prueba en civiles voluntarios de Reino Unido, Estados Unidos y Brasil.

Así como la vacuna Ad5-nCoV de CanSino es implementada en militares del ejército de China. Ambos proyectos nos muestran que del lado científico se está haciendo todo lo posible para solucionar la biología, sin embargo, el acceso a la población no estará disponible sino hasta la segunda mitad del 2021 en el mejor de los pronósticos. Dado este escenario, sólo nos queda seguir la segunda vía cuyo éxito para reactivar la economía depende de un

trabajo en conjunto entre ciudadanos, empresarios y autoridades gubernamentales.

## Políticas públicas, incertidumbre y alfabetización sanitaria

El portal de seguimiento al COVID-19 *Our World* de la Universidad de Oxford, que compara a nivel mundial los casos confirmados por cada millón de habitantes muestra que, el índice de contagios es menor a lo esperado, lo que nos hace pensar que es posible construir un futuro económico que beneficie a todos, sobre todo, a los sectores más vulnerables del país.

En la incertidumbre actual, el acceso a la información clara y veraz es indispensable en un país donde se mira con desconfianza a la ciencia y se propagan teorías conspirativas sobre el origen de la pandemia basadas en opiniones y no en evidencias. Por ello, la «alfabetización sanitaria» que consiste en poner en práctica y acatar las indicaciones de salud ampliamente difundidas en el país, es el pilar cultural que sostendrá la puesta en marcha de la economía en la nueva realidad que nos vino a mostrar el surgimiento del agente viral SARS-CoV-2.

A su vez, el gobierno debe generar con urgencia las políticas públicas necesarias en materia de seguridad social y laboral para que los ciudadanos y los empresarios se involucren en el cumplimiento de los protocolos de salud. Sin un comportamiento colectivo saludable y sin la creación de las condiciones sociales favorables para la población, será aún más lenta la solución al COVID-19 y por ende, la recuperación económica que es materia de preocupación actual a nivel nacional. **H**





**L**a pandemia de COVID-19 se ha constituido como un reto para la humanidad, por lo que es relevante para México y para Morelos en particular, enfrentar esta amenaza con las mejores herramientas con las que contamos: la ciencia, tecnología e innovación.

Los gobiernos en los distintos ámbitos, han impulsado las capacidades científicas y tecnológicas de sus comunidades para hacer frente a la emergencia sanitaria. En Morelos, el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos (CCYTEM) en conjunto con la Secretaría de Desarrollo Económico y del Trabajo (SDEYT), plantean contribuir a la atención de la problemática social de interés público, como lo es la salud, al implementar acciones de prevención, mitigación, control y combate a esta enfermedad transmisible, que se ha constituido a nivel global como una amenaza a la integridad y salud de la población, mediante el proyecto estratégico y de infraestructura denominado «Programa de innovación: ciencia abierta y esfuerzos colaborativos para mitigar el COVID-19».

De acuerdo a lo planteado, surge la necesidad de interactuar con los diferentes sectores y actores de la economía estatal, tanto públicos como privados, para abatir la propagación y disminuir los efectos no deseados de la pandemia por COVID-19 mediante la búsqueda de soluciones eficientes, prácticas, escalables y de corto plazo. Es por ello que el CCYTEM publicó el 8 de abril de 2020 la convocatoria «Innovación COVID-19» por parte de la SDEYT y el Centro Morelense de Innovación y Transferencia Tecnológica (CEMITT).

## Morelos combate a COVID-19

Dra. Ana Cecilia Rodríguez González / [cecilia.rodriguez@morelos.gob.mx](mailto:cecilia.rodriguez@morelos.gob.mx)  
Secretaría de Desarrollo Económico y del Trabajo

Mtro. José Francisco Pulido Macías / [ccytem@morelos.gob.mx](mailto:ccytem@morelos.gob.mx)  
Director general del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos

Ing. Antonio de Jesús Alcántara Alcibia / [antonio.alcibia@morelos.gob.mx](mailto:antonio.alcibia@morelos.gob.mx)  
Centro Morelense de Innovación y Transferencia Tecnológica  
Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos



Tras haber recibido y analizado más de 60 proyectos, el 15 de mayo se dieron a conocer los resultados de la convocatoria, donde seis proyectos resultaron seleccionados para recibir un apoyo económico para su desarrollo. Cabe destacar que la SDEYT, a través del CCYTEM y el CEMITT, han dado acompañamiento a todos los ganadores, realizando visitas y recorridos a cada institución, verificando

el cumplimiento en tiempo y forma de los objetivos correspondientes.

Agradecemos el compromiso que mostraron con la sociedad, los felicitamos por su esfuerzo, creatividad y dedicación que se ve plasmada en todos los proyectos participantes y los invitamos a seguir sumando esfuerzos. **H**



## Proyectos ganadores

Proponente	Proyecto	Objetivo
Lisette Páez Campos	Acondicionamiento de un taller de maquila para la fabricación de un lote inicial de vestimenta especializada para la protección y/o contención del contagio de enfermedades asociadas con el síndrome respiratorio agudo grave, SARS-CoV-2, usando textiles con nanotecnología.	Fabricación de un lote piloto de mil kits de equipo de protección personal.
Noxgen Biotech, SAPI de CV	Implementación y validación de protocolo para la detección del virus SARS-CoV-2 en muestras no humanas y ambientales de potencial riesgo para la salud de la población.	Implementar y validar un protocolo para la detección del virus SARS-CoV-2 en muestras no humanas y ambientales que permita evaluar la presencia del virus y conocer el riesgo de exposición al virus en zonas con alta afluencia en el estado de Morelos.
Ventor Internacional, SA de CV	Equipo de «sanitización» y desinfección de virus, bacterias y microorganismos.	Dotar a la sociedad mexicana de un equipo de desinfección y «sanitización», no invasivo, sin uso de químicos, para poder neutralizar virus, bacterias y microorganismos dañinos al ser humano de una gran lista de virus, bacterias y microorganismos que hoy por hoy son conocidos.
Hakken Enterprise, SA de CV	Diagnóstico de COVID-19 en saliva a bajo costo.	Instrumentar la respuesta eficaz y asequible de detección genética de COVID-19 en el estado de Morelos: modelo escalable de aprovechamiento de recursos e infraestructura mexicana con reactivación económica nacional vía el sector biotecnológico.
Instituto Nacional de Salud Pública	Alternativas para la detección de anticuerpos contra SARS-CoV-2, validación de herramientas para la vigilancia epidemiológica.	Evaluar el uso de muestras biológicas alternativas (saliva, sangre seca [DBS, por sus siglas en inglés <i>Dried Blood Spot</i> ] y <i>pooles</i> de suero) para la detección de anticuerpos contra SARS-CoV-2 mediante una prueba de ELISA.
Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México	Montaje e implementación de un método para la detección y cuantificación de anticuerpos que reconocen a SARS-CoV-2: siguiendo a COVID-19.	Montar, implementar y validar un método para la detección de anticuerpos (IgG e IgM) específicos para SARS-CoV-2.





# Vacunas para COVID-19, un desafío mundial

Dra. Elizabeth Castillo Villanueva / castillo\_elizabeth@hotmail.com  
Facultad de Medicina  
Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Jorge Antonio Valdivia Anistro / javaldanst@hotmail.com  
Facultad de Estudios Superiores Zaragoza  
Universidad Nacional Autónoma de México

**E**l SARS-CoV-2 es el agente causal de COVID-19 que surgió por primera vez en diciembre del 2019 en China. A ocho meses del brote ha infectado a más de 25 millones de personas en el mundo, por lo que se considera que la generación de una vacuna para prevenir la enfermedad de COVID-19 tal vez sea la mejor estrategia para terminar con la pandemia.

Alrededor del mundo se están desarrollando más de 90 vacunas contra el SARS-CoV-2 utilizando diversas estrategias, algunas de las cuales son novedosas y no se han utilizado antes en una vacuna autorizada. Una plataforma ideal para el desarrollo de una vacuna sería que en 16 semanas se obtuviera desde la secuencia del genoma viral hasta los ensayos clínicos, demostrando además que hubo una respuesta inmune consistente y que es factible de ser producida a gran escala, pero esto en la vida real lleva mucho más tiempo. Por ahora, múltiples plataformas están bajo desarrollo, las que tienen mayor potencial están basadas en ADN y ARN, seguido de las producidas con subunidades de proteínas virales, las cuales vamos a explicar más adelante, primero, les vamos a contar un poco de los principios básicos de nuestro sistema inmune y las vacunas.

El sistema inmune adaptativo es el encargado de aprender a reconocer nuevos patógenos, como el coronavirus SARS-CoV-2. Una vez que el virus logra entrar a la célula inicia su multiplicación viral, produciendo nuevos virus que son liberados para infectar más células. Aquí es donde nuestro sistema inmune, a través de las células presentadoras de antígenos atrapan al virus y lo exponen en pedazos para activar a las células T. También contamos con las células B, las cuales generan anticuerpos que bloquean al virus y también lo marcan para que sea destruido por las células T citotóxicas. Tanto las células T como las B, generan «memoria», es decir, reconocen al virus una vez que entra al cuerpo humano por meses o años, generando inmunidad.



## Diversos enfoques para el desarrollo de la vacuna para SARS-CoV-2

Todas las vacunas tienen como objetivo exponer al cuerpo con un antígeno (un pedazo de virus) que no genera síntomas o enfermedad, pero provoca una respuesta inmune que bloquea al virus. Actualmente, se están probando al menos ocho diferentes enfoques para lograr producir la vacuna contra el coronavirus.

### · Vacunas virales

A nivel mundial, varios grupos de investigación están desarrollando vacunas utilizando al virus SARS-CoV-2 atenuado o inactivado. Muchas de las vacunas que se aplican hoy en día están hechas de esta manera.

### · Vacunas utilizando vectores virales

En esta estrategia se utiliza a los adenovirus modificados genéticamente para producir proteínas del SARS-CoV-2 en el cuerpo. Estos virus no generan síntomas y existen dos tipos, los que se pueden replicar dentro de las células y los que no, porque se les han quitado genes fundamentales para su multiplicación en el organismo.

### · Vacunas a partir de ácidos nucleicos

Varios grupos de investigación están utilizando ADN o ARN para producir la proteína espiga (*spike*) del coronavirus y así provocar una respuesta inmune. El ácido nucleico se inserta en las células humanas, luego se producen copias de la proteína viral las cuales se exponen a las células de nuestro sistema inmune para generar memoria.

### · Vacunas basadas en proteínas

Con esta estrategia, los investigadores buscan inyectar proteínas del SARS-CoV-2 directamente en el cuerpo. Los fragmentos de las proteínas o las pelotas de proteínas que simulan la cápside de las partículas virales, son las herramientas que se están utilizando para la generación de estas vacunas. La mayoría de los grupos están utilizando la proteína de espiga y estas vacunas ya han sido probadas en monos y todavía no se han probado en humanos.

## ¿Por qué lleva tanto tiempo la fabricación de una vacuna?

Las tecnologías de las vacunas prototipos actualmente en fases preclínicas o clínicas (plataformas, vectores, entre otros) frente al SARS-CoV-2 son novedosas,

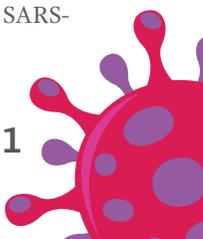


Foto: Carlos Reusser Monsálvez.

lo que implica que deben someterse a rigurosas pruebas de seguridad. En general, la vacuna debe pasar por las fases preclínicas antes de entrar a las fases de ensayos en humanos, y al respecto, los prototipos deben ajustarse a las buenas prácticas de manufactura que garanticen la calidad y la seguridad, y para muchos prototipos preclínicos no se dispone, entre otros, de infraestructuras adaptadas y de personal altamente cualificado para satisfacer esos requisitos. Tras concluir las tres primeras fases de ensayos clínicos en humanos la vacuna pasaría a estudio por las autoridades regulatorias que podrían acelerar los pasos preceptivos previos a la autorización para su uso poblacional.

Otro aspecto a tener en cuenta en los plazos es el de la capacidad de producción, especialmente si se trata de vacunas que utilicen tecnologías novedosas. Esta capacidad no se improvisa y la construcción de plantas *ad hoc* lleva un periodo de tiempo no desdeñable. A todo lo anterior habría que sumar el tiempo necesario para la distribución y administración de la vacuna y precisar si se requieren de una o dos dosis.

Como pronto, para su administración a gran escala, se vislumbra un horizonte no menor de seis meses contando desde el 22 de abril, fecha en la que la revista *Nature* describió la iniciativa *1DaySooner* con el fin de reclutar voluntarios para ser candidatos a infectarse después de recibir la vacuna; pero siendo realistas es posible que las vacunas lleguen tarde para la primera oleada, pero pueden ser extremadamente útiles para oleadas adicionales o para un escenario postpandémico en el caso que el SARS-CoV-2 circulara como un virus estacional. H





# Comer bien, un arma contra COVID-19

M. en C. Raúl Dávila Delgado / raul.davila@uaem.edu.mx  
Facultad de Nutrición  
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

**D**esde hace varios años, la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) ha evidenciado la mala alimentación en prácticamente todo el territorio nacional; la consecuencia es una pandemia de obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares que afectan a la población mexicana.

Lamentablemente, está bien documentado que las tres condiciones son factores de riesgo que aumentan la mortalidad de pacientes con la enfermedad COVID-19. Una probable causa es que las personas con estas enfermedades tienen una dieta alta en grasas saturadas (carnes rojas y manteca) y en carbohidratos refinados (harinas de pasteles y pastelillos); y baja en fibra (avena, centeno, arroz integral); grasas insaturadas (pescados, aceites vegetales) y antioxidantes (frutos cítricos o arándanos), lo cual puede inducir un estado perjudicial de inflamación en el cuerpo y contribuye a disminuir la actividad de nuestro defensor contra bacterias, virus y parásitos que nos causan enfermedades, el sistema inmunológico (SI).

Por el contrario, incluir alimentos frescos, poco procesados y sin conservadores dentro de una dieta balanceada son clave para mantener la salud del SI y, en consecuencia, generar una respuesta adecuada contra cualquier enfermedad infecciosa, incluso COVID-19.

Para mantener saludable al SI es importante un consumo de proteína proporcionado, que ayude a que el SI fabrique todas sus herramientas de batalla sin problemas, por lo que se recomienda consumir tanto proteína de origen animal (pollo, claras de huevo, leche, yogurt), como de origen vegetal (leguminosas frijol, soya, chicharos, habas); evitar carnes con demasiada grasa y/o cocinarlas con exceso de grasa.

También es importante consumir azúcares complejos o poco procesados, por ejemplo, los que se encuentran en las frutas y verduras de temporada, consumir avena,





Fotos: Daria Shevtsova.

pan integral y disminuir dulces y pasteles, pues incluyen azúcares refinados que favorecen la inflamación, entre otros problemas. El consumo de alimentos ricos en fibra como lentejas, garbanzos y la chía resulta beneficioso para la salud, evitando la absorción de algunas grasas y promoviendo la salud intestinal.

Las grasas tienen un papel muy importante para mantener la salud del sistema inmunológico, es preciso disminuir y si es posible eliminar de la dieta las grasas saturadas que se encuentran principalmente en alimentos de origen animal (carnes de res, cerdo o carnero) o carne procesada (para hamburguesas o embutidos), y aumentar alimentos ricos en grasas insaturadas principalmente aquellos que contengan ácidos grasos omega-3 (atún, arenques, salmón) y aceites de linaza, canola, soya, chía, entre otros.

**Los micronutrientes (vitaminas y minerales) son fundamentales para fortalecer el sistema inmunológico.**

Se sabe que la vitamina D funciona como un protector importante frente a enfermedades infecciosas y pulmonares, y se sugiere que pacientes con COVID-19 y con deficiencia en vitamina D son más susceptibles a complicaciones clínicas. La vitamina D se produce por la exposición directa de la piel a la luz solar, pero también la podemos obtener del salmón, yema de huevo, pollo, hígado y del hongo portobello. La vitamina A también ayuda contra el riesgo de

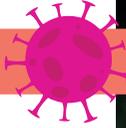
infección, pues entre sus funciones está el mantener sano el sistema respiratorio, y la encontramos en la zanahoria, melón, mango, en huevo y pescados.

Otras vitaminas importantes son la E y la vitamina C, las cuales se caracterizan por su poder antioxidante, manteniendo estables y saludables las funciones del sistema inmunológico. Estas las podemos encontrar en nueces, almendras, kiwis, brócoli y en todos los frutos cítricos, respectivamente. También tenemos a las vitaminas del complejo B que podemos consumir en la carne.

Además de las vitaminas, otros micronutrientes importantes son los minerales como el zinc, hierro, cobre y selenio. Si bien sus requerimientos diarios son muy pequeños es importante que se obtengan de calabazas, semillas de girasol, quinoa y coco, respectivamente. La deficiencia de estos minerales no sólo debilitan el sistema inmunológico, sino que también pueden ocasionar enfermedades graves como anemia en el caso de falta de hierro, defectos en el crecimiento por falta de zinc, o enfermedades coronarias por falta de cobre; sin embargo, es importante puntualizar que también el exceso de estos minerales en particular puede resultar tóxico para el cuerpo, por lo que su ingesta a partir de fuentes naturales y dentro de una dieta adecuada es fundamental.

En conclusión, la salud del sistema inmunológico se favorece con una dieta con suficientes proteínas, grasas insaturadas, fibra y antioxidantes, acompañada de suficiente agua y de ejercicio diario. Para tener óptimos resultados y sobre todo para saber cómo combinar y equilibrar tu dieta, puedes acudir con un nutriólogo quien te ayudará a establecer el mejor plan de alimentación para ti y tu familia. **H**





Dra. Laura V. Cuaya / lauveri.rozen@gmail.com  
Dr. Raúl Hernández Pérez / raul@lafuentelab.org

Instituto de Biología  
Universidad Eötvös Loránd; Budapest, Hungría.

# Mascotas y COVID-19

**L**a incertidumbre que caracteriza estos tiempos puede llevarnos, en nuestro afán de protegernos, a actuar guiados por miedos infundados que provocan daño. A muchas personas les preocupa que sus mascotas puedan contagiarlos de COVID-19. Afortunadamente, no hay evidencia científica ni reportes clínicos que demuestren que las mascotas pueden contagiarnos. Aunque hay casos raros, en los que personas han contagiado a sus mascotas.

En Hong Kong, las mascotas de personas hospitalizadas por COVID-19 permanecen en cuarentena y se les hace la prueba para detectar el virus SARS-CoV-2 (causante de

COVID-19), dos perros de 17 probados han sido positivos, ninguno mostró síntomas de COVID-19.

El primer caso, un pomerania, tuvo un «débil positivo», es decir, poca cantidad del virus, desarrolló anticuerpos al SARS-CoV-2, lo que significa que su sistema inmune reaccionó a la presencia del virus. Después de dos pruebas negativas, regresó a su casa. Lamentablemente, falleció tres días después, probablemente por sus 17 años de edad u otros problemas de salud, no por COVID-19.

El segundo perro, un pastor alemán, también desarrolló anticuerpos al virus. Después de diez pruebas negativas volvió a su casa, el otro perro de la familia no se contagió. Por último, Winston, un pug que vive en Estados Unidos, sólo perdió su apetito un día y tuvo tos leve, el otro perro y gato de la familia no se contagiaron.

Hay reportes de cuatro gatos con pruebas positivas al virus. El primer gato, en Hong Kong, no desarrolló signos de COVID-19. El segundo gato, en Bélgica, mostró signos digestivos y respiratorios, aunque no revisaron si tenía otras enfermedades más comunes; su salud mejoró después de nueve días. También se reportaron dos gatos neoyorquinos, ambos tuvieron una enfermedad respiratoria leve.



## Estudios científicos

En una comunidad francesa donde viven veinte estudiantes con doce perros y nueve gatos, trece estudiantes mostraron síntomas de COVID-19, las pruebas mostraron que ninguna de las mascotas tenía o había tenido el virus.

Dos estudios chinos analizaron muestras de sangre en busca de anticuerpos específicos a SARS-CoV-2, un resultado positivo indica que el sistema inmune reaccionó al virus. El primer estudio analizó 487 muestras de perros y 87 de gatos, de las cuales ningún caso resultó positivo.

En el segundo estudio, analizaron muestras de 102 gatos, encontrando quince casos positivos; los tres gatos que vivían con personas que enfermaron de COVID-19 tuvieron la mayor respuesta inmune al virus. Los investigadores mostraron que fue posible infectar experimentalmente, con una alta dosis del virus, a ocho gatos y sólo dos de cinco perros detectaron ARN viral en sus heces, pero no en sus vías respiratorias.

Para estudiar la transmisión de la infección, agregaron dos perros sanos al grupo de perros inoculados: ninguno de los perros sanos se contagió. También agregaron seis gatos sanos: dos gatos se contagiaron con el virus. Ninguno de los gatos ni perros mostró síntomas de COVID-19. Es muy importante resaltar que las condiciones experimentales

## En Hong Kong, las mascotas de personas hospitalizadas por COVID-19 permanecen en cuarentena y se les hace la prueba para detectar el virus SARS-CoV-2

de este artículo no son comparables a las condiciones naturales en las que viven los gatos, por ello, no sería correcto extrapolar estos resultados a los gatos de nuestras comunidades.

En conclusión, la evidencia muestra que en raras ocasiones los perros o gatos de personas enfermas de COVID-19 pueden contagiarse; los estudios científicos sugieren que las mascotas son poco susceptibles al virus y a desarrollar síntomas graves de la enfermedad, aun así, como medida de precaución, se recomienda que las personas enfermas de COVID-19 mantengan una sana distancia de sus mascotas y de ser posible, que alguien sano cuide de ellas. Aunque nuevos estudios podrían cambiar lo que sabemos de la relación entre COVID-19 y las mascotas, no debemos perder de vista que la principal vía de transmisión del virus SARS-CoV-2 es de humano a humano, por lo que es donde deben centrarse los esfuerzos para evitar contagios. **H**



Foto: Tatiana Zatskaya.





Immunoglobulina A (IgA), un anticuerpo -ejemplo de proteínas glicosiladas- más abundante y de los primeros en actuar al detectar un patógeno.

M. en C. Brenda I. Velázquez Dodge / [brenda.dodge25@gmail.com](mailto:brenda.dodge25@gmail.com)  
Dra. Roberta Salinas Marín / [rsm@uaem.mx](mailto:rsm@uaem.mx)  
Centro de Investigación en Dinámica Celular  
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

**E**n el laboratorio de Glicobiología Humana y Diagnóstico Molecular, ubicado en el Centro de Investigación en Dinámica Celular de la UAEM, nos enfocamos en la investigación de azúcares y su papel en procesos biológicos. A la adición de azúcares o carbohidratos a proteínas y lípidos en las células de un organismo se le conoce como glicosilación.

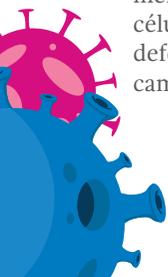
Para comprender mejor este proceso podemos imaginar a la célula como un bosque, en donde los árboles frondosos y ramificados representarían las estructuras de los azúcares. Esta decoración de la célula con azúcares, también conocidos como glicanos, es importante porque le aportan capacidad inmunológica.

De acuerdo con el ejemplo anterior si suponemos que dentro de ese bosque hay una aldea (célula), los árboles frondosos (glicanos) ayudarían a que esta aldea no sea encontrada fácilmente por posibles amenazas; de manera similar a los árboles que renuevan sus hojas continuamente, los glicanos también lo hacen y así permiten a una célula o individuo presentar un camuflaje diferente para defenderse de agentes extraños como virus y bacterias al cambiar continuamente sus ramificaciones.

# Los azúcares y COVID-19

Algo sorprendente es que también los virus usan la glicosilación para enconderse de nuestro sistema inmune durante la infección con una especie de camuflaje de glicanos para no ser descubiertos, esto ocurre cuando éstos son cada vez más parecidos a los presentes en nuestras células.

Al igual que los bosques en donde no todos los árboles son iguales, los azúcares pueden ser simples como un único azúcar (monosacáridos, una hoja de árbol) o complejos (polisacáridos, un árbol con muchas ramas). Las diferentes combinaciones de hojas o ramas en los carbohidratos generan estructuras diversas que aportan funciones celulares importantes a las células además de capacidad inmunológica.



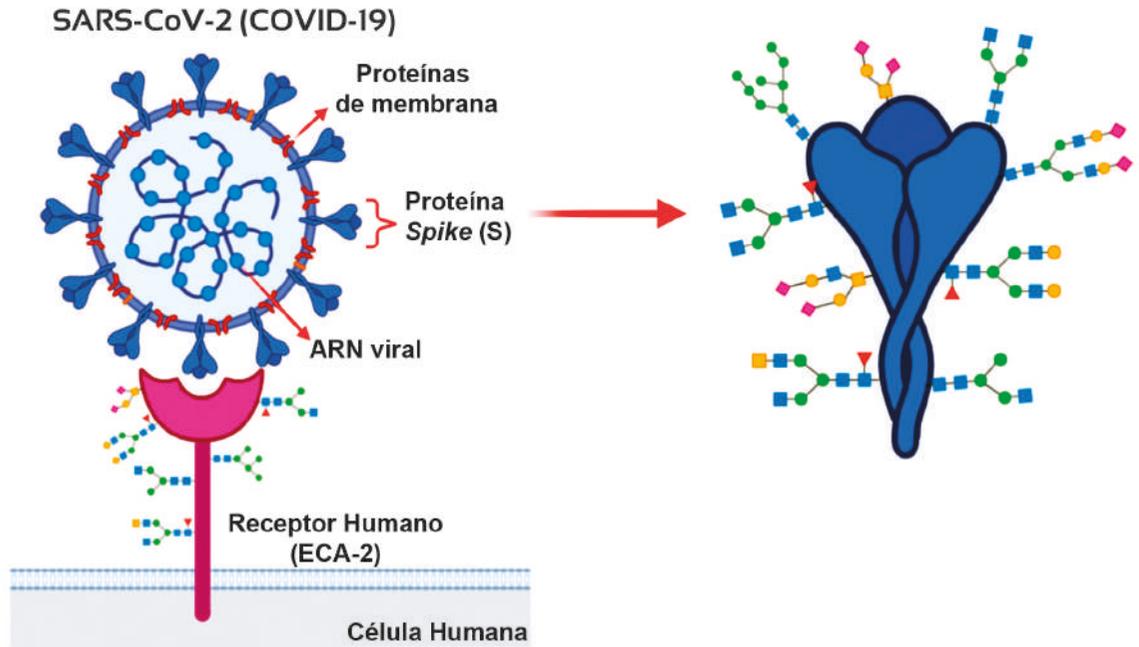


Figura 1. Análisis de azúcares en el virus SARS-CoV-2 y el receptor ECA-2. Representación de la estructura del virus (ARN, proteínas de membrana, proteína spike y los azúcares que la decoran y la interacción con el receptor ECA-2).

Como resultado de estos cambios estructurales en los glicanos, también tenemos el tropismo que se refiere a la selectividad de un virus para infectar a un organismo o tejido específico; por ejemplo, un virus que sólo infecta murciélagos no podría infectar células humanas porque el tropismo del virus se restringe sólo a los murciélagos, pero puede ocurrir que un virus amplíe su tropismo e infecte células de otros organismos y esto ocurre cuando sus carbohidratos son parecidos o similares a los glicanos de las células del hospedero (organismo infectado) que reconoce como propios a los carbohidratos del virus.

Como has leído a lo largo de este número de la revista, a finales del 2019, se reportó la enfermedad COVID-19 en la localidad de Wuhan, China, provocada por el SARS-CoV-2, un virus que es altamente contagioso y

rápidamente se ha propagado por todo el mundo y ha generado miles de muertes.

El virus SARS-CoV-2 está envuelto con una gran cantidad de carbohidratos en su estructura. Recientemente, se identificaron los azúcares presentes en una proteína denominada S o spike, la cual permite al virus infectarnos mediante los receptores ECA-2 presentes en las células humanas.

La proteína S presenta 66 sitios decorados con distintos tipos de azúcares como manosa, glucosamina, fucosa, galactosa, galactosamina y ácido siálico (figura 1). Los azúcares más abundantes en las proteínas del SARS-CoV-2 se llaman altos en manosa que parecen una especie de tronco con diversas ramificaciones (figura 2, fracción verde), y



Figura 2. Diferentes tipos de azúcares en la proteína spike. Aproximación gráfica que representa el porcentaje de estructuras de azúcares altos en manosa (36%, verde), complejos sialilados (32%, rosa) y otro tipo de azúcares (32%, azul).

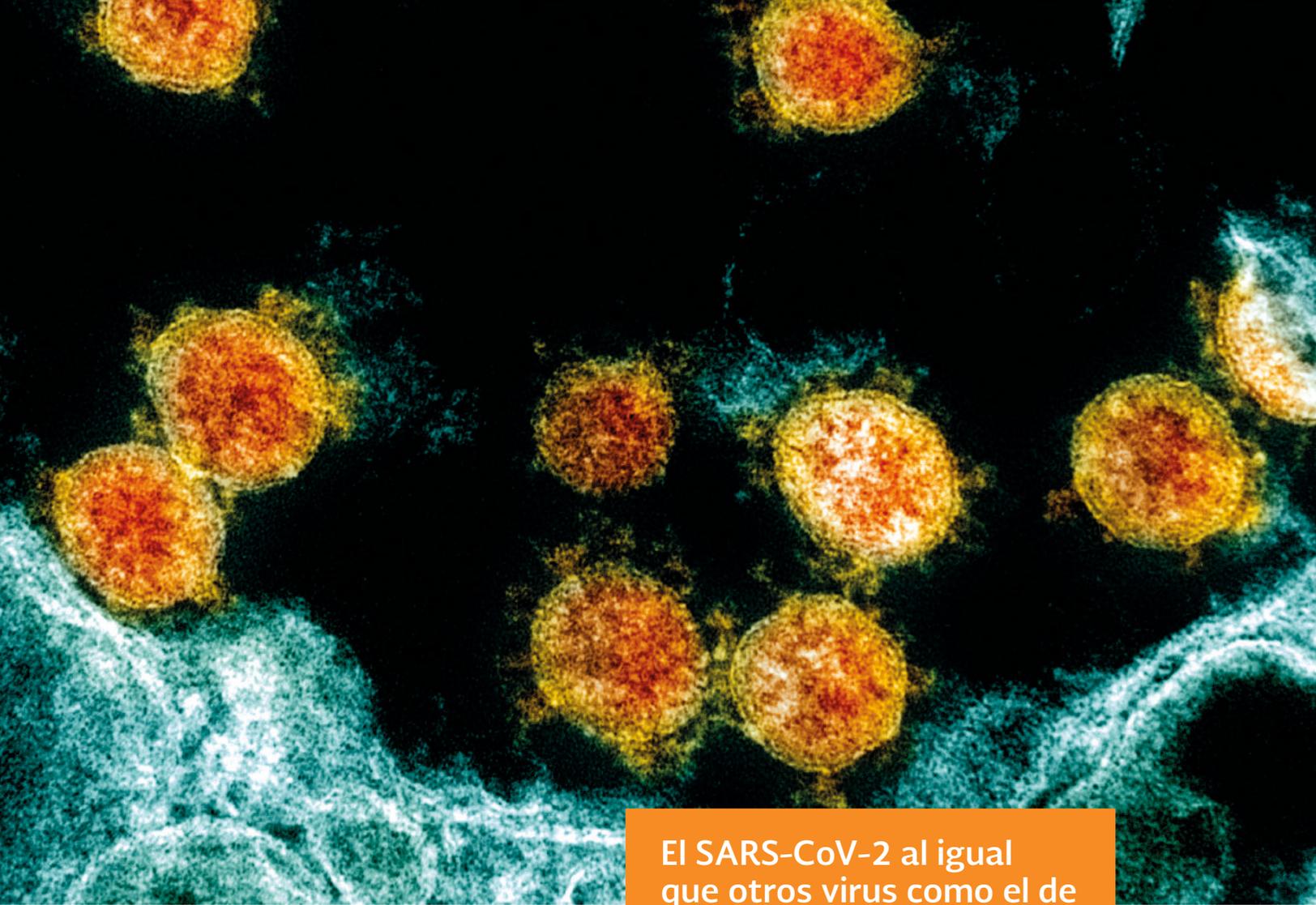


Imagen: National Institute of Allergy and Infectious Diseases.

complejos sialilados (figura 1, fracción morada). Este conjunto de azúcares que decoran a la proteína S proviene de las células que el virus infecta y son posiblemente responsables del ensamblaje de las proteínas virales y de enmascarar o servir como camuflaje al virus para evadir la respuesta inmune de las células humanas. En este caso, los azúcares son como una capa de hojas y ramas prestada al virus por nuestras células para esconderse y pasar desapercibidos.

La composición de azúcares de las células humanas es diferente a la de otros mamíferos, bacterias, levaduras y parásitos, lo que permite que nuestro sistema inmune detecte organismos extraños con base en estas diferencias. En el caso del virus SARS-CoV-2, los azúcares presentes en la proteína S son similares a los que decoran nuestras células y esto facilita su unión a nuestros receptores en una especie de tropismo selectivo.

El SARS-CoV-2 al igual que otros virus como el de influenza, ha encontrado la forma de usar estos azúcares a su favor. La superficie de las células humanas y la superficie del virus están decoradas con una gran diversidad de azúcares que juegan un papel multifacético en la interacción dinámica entre el virus y nuestras células. Investigaciones recientes reportaron el perfil de azúcares del receptor ECA-2 humano, sin embargo, aún se analiza si los azúcares presentes en estos receptores son

**El SARS-CoV-2 al igual que otros virus como el de influenza, ha encontrado la forma de usar estos azúcares a su favor.**

responsables o están involucrados en facilitar el acceso del virus a nuestro cuerpo.

De acuerdo a lo anterior, consideramos que descifrar la estructura, localización y función de los azúcares en la enfermedad COVID-19 permitirá la identificación de sitios potenciales en la estructura del virus para el diseño de fármacos y establecer si las estructuras de estos azúcares en el virus y en las células humanas infectadas pueden ayudar a predecir la vulnerabilidad o riesgo de presentar la enfermedad.

Cabe destacar que, estudiar los azúcares presentes en las células humanas y de otros organismos no es sencillo, debido a que la decoración o eliminación metabólica de los azúcares ocurre en milisegundos, es impredecible, variable y dinámica, ocasionando que su estudio sea un reto para los científicos, sobre todo en la actual pandemia donde los azúcares han tomado un rol protagónico.

Nadie imaginaría que los azúcares serían la parte dulce de COVID-19. **H**



# Llegó el momento de INNOVAR

## Nuestros servicios

Incubación de empresas  
de base tecnológica      Comercialización  
y transferencia de tecnología

Asesorías dirigidas a la innovación en

Marketing      Administración  
Jurídico      Investigación y desarrollo  
Finanzas



INNOVACIÓN

TECNOLOGÍA

[cemitt@morelos.gob.mx](mailto:cemitt@morelos.gob.mx) / 777 377 4414 /  CEMITT2020

Calle La Ronda 13,  
colonia Acapantzingo,  
Cuernavaca, Morelos.

Avenida Temixco 160,  
colonia Palo Escrito,  
Emiliano Zapata, Morelos.



**CCyTEM**  
CONSEJO DE CIENCIA  
Y TECNOLOGÍA DEL  
ESTADO DE MORELOS

¡Visita nuestro sitio web y explora!

**QUÉ ÉRASE HÉROES  
Dijo... UNA VEZ DE LA  
CIENCIA**

**LA COCHINILLA BIÓNICA**

**MINIREPORTAJES**

**SORPRÉNDETE**

**EXPERIMENTA**



[www.hypaclub.morelos.gob.mx](http://www.hypaclub.morelos.gob.mx)



Contáctanos en:

@ [cemocc@morelos.gob.mx](mailto:cemocc@morelos.gob.mx)

 [museocienciasmor](https://www.facebook.com/museocienciasmor)

# Museo de Ciencias de Morelos



## MUSEOCIENCIASMOR

DESPUÉS DEL PERÍODO DE CONTINGENCIA  
LOS HORARIOS SERÁN

- Martes a viernes de 9 a 17 horas
- Sábados, domingos y días festivos de 10 a 17 horas

### INFORMES

777 312 3979, extensión 8

## PARQUE SAN MIGUEL ACAPANTZINGO

Calle La Ronda #13, colonia Acapantzingo,  
Cuernavaca, Morelos, CP 62440.



Casa de la  
*Tierra*



Hypatia en el catálogo de

**latindex**

latindex.org

