

CIENCIA

launion.com.mx
@uniondemorelos

COVID19: A casi un año del inicio de la pandemia (Primera parte)

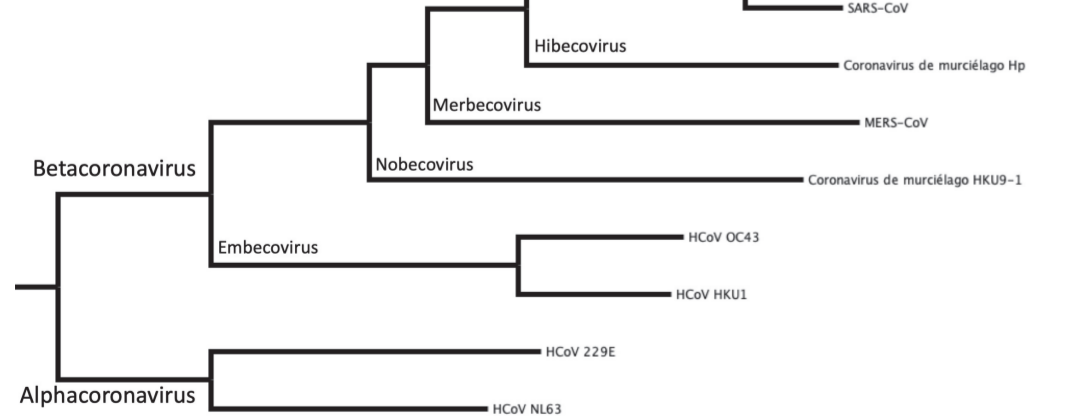
F. ALEJANDRO SÁNCHEZ FLORES
MIEMBRO DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

No hay duda de que hemos vivido tiempos muy difíciles en este 2020. La pandemia ocasionada por el virus SARS-CoV-2, un virus que hace un año era completamente desconocido, ha cambiado por completo la manera en que vivimos. No solo ha afectado nuestra salud física y mental, sino también la economía y organización de la población mundial. Sin embargo, aunque hoy en día sabemos mucho más acerca de este virus, también cada día descubrimos nuevos síntomas y consecuencias de la enfermedad que produce. En esta serie de entregas, hablaré de los inicios de la pandemia y trataré de describir lo que la ciencia ha podido descubrir a la fecha y las cosas más importantes que debemos saber del virus, así como las acciones preventivas que debemos tomar para reducir el riesgo de contagio y el desarrollo de las vacunas que nos podrán ayudar a prevenir la enfermedad.

LOS INICIOS DE LA PANDEMIA

Estudios filogenéticos relacionados con la evolución del virus indican que el SARS-CoV-2 (llamado antes 2019-nCoV) surgió entre octubre y noviembre del 2019. Como se mencionó en la publicación del 3 de agosto en esta columna (<http://acmor.org/articulo/como-surgen-los-virus-que-infectan-al-humano-origen-y-evolucion-del-sars-cov-2-0>), todas las evidencias apuntan a que el virus pudo haberse originado a partir de un linaje viral presente en murciélagos, pero que adquirió los cambios suficientes para infectar a otros mamíferos y entre ellos a humanos (Figura 1). A pesar del parecido, lo que es

FIGURA 1. RELACIÓN evolutiva entre los coronavirus del género betacoronavirus. Árbol filogenético de máxima verosimilitud realizado con los genomas completos de 13 coronavirus. Cada par de ramas parte de un nodo (origen) común. Cada nodo representa a un ancestro común. La distancia al nodo refleja el tiempo de divergencia desde el ancestro. Por ejemplo, SARS-CoV-2 de México tiene un ancestro común más cercano con el SARS-CoV-2 de Italia que con el MERS-CoV. Significa que ha pasado menos tiempo desde que las variantes de SARS-CoV-2 de México e Italia se separaron a partir de una misma población. Creada por Alejandro Miguel Cisneros Martínez.



claro es que no se ha encontrado el virus de SARS-CoV-2 en murciélagos, pero si en otros animales, como se comentará en una siguiente entrega.

Para el 1 de diciembre, se registra el paciente cero o primer caso de la enfermedad que, si bien no estaba caracterizada aún, se relacionaría con otros casos provenientes del mercado de mariscos Huanan en la ciudad de Wuhan. Cabe mencionar que dicho paciente cero no reportó haber visitado el mercado de mariscos Huanan en la ciudad de Wuhan. Cabe mencionar que si tomó una serie de transportes públicos que seguramente fueron el sitio de la infección. Para el 16 de diciembre, se documentan oficialmente los primeros casos de lo que conocemos ahora como COVID-19 aunque el agente patógeno no fue caracterizado sino hasta el 24 de diciembre, en el Hospital Central de Wuhan, utilizando tecnologías de secuenciación masiva. Gracias a la información genética del virus obtenida, fue posible realizar un análisis que determino que el patógeno era un virus de la familia de los beta-coronavirus. Cabe resaltar que a partir de esta fecha clave, fue posible diseñar las sondas moleculares que hoy son utilizadas para realizar la prueba clínica de detección del SARS-CoV-2. Entre el 26 y 30 de diciembre, la aparición de varios casos de neumonía atípica no solo en la ciudad de Wuhan, sino también en otros puntos de la provincia de Hubei, levantarían las alarmas de lo que se temía fuera una epidemia de síndrome agudo respiratorio severo (o SARS por sus siglas en inglés). Para el 31 de diciembre del 2019 fue hecha pública a nivel mundial la noticia de un brote de neumonía atípica que alertaría al resto del mundo. Para ese momento, el conteo era de 27 casos en total, donde 7 casos fueron reportados como graves y 2 se encontraban en la fase de recuperación. Los funcionarios de salud chinos informaron a la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre este grupo de pacientes con una neumonía misteriosa, la mayoría conectados al mercado de mariscos de Huanan.

Para enero, el nuevo coronavirus o 2019-nCoV (renombrado tiempo después como SARS-CoV-2) lleva a tomar medidas de confinamiento en la provincia de Hubei, las cuales no pudieron evitar que el virus se esparciera por el mundo. El 11 de enero China registra su primera muerte vinculada al nuevo coronavirus; el 13 de enero se registra en Tailandia la primera infección por coronavirus, la cual también es la primera fuera de China. Para el 20 de enero de 2020 se informa del primer caso en Estados Unidos, un hombre de 35 años en el condado de Snohomish, Washington. Finalmente, para el 30 de enero de 2020 la OMS declara una emergencia de salud pública mundial. Como se ha comentado en varias de las publicaciones de esta columna, el esparcimiento del virus por el mundo fue más rápido de lo imaginado ya que la movilidad a nivel mundial, el tiempo que lleva el desarrollar síntomas detectables y el alto porcentaje de casos asintomáticos, han resultado en una pandemia que sigue en muchos lugares fuera de control.

PANORÁMICA GENERAL Y SITUACIÓN ACTUAL EN MÉXICO

Actualmente, se han registrado a nivel mundial 58,456,049 casos de contagios dentro de los cuales tenemos un total de 1,384,897 defunciones, según lo registrado en el sitio de la Universidad John Hopkins (<https://coronavirus.jhu.edu/map.html>). En la Figura 2, se puede apreciar que el virus se ha esparcido por todo el mundo y la tendencia de la acumulación de casos sigue al alza. Esto nos

indica que a nivel mundial la pandemia aun no esta controlada, pero en algunos países como Australia, se ha llegado a cierta contención de la pandemia, pero en muchos otros ha habido repuntes en el número de casos registrados. De manera interesante, China que fue el epicentro de la pandemia, tiene aproximadamente unos 86,000 casos y un poco mas de 4,000 muertes registradas, mientras que Estados Unidos se ha convertido en el nuevo epicentro de la pandemia donde se registran mas de 12 millones de casos y más de 256,000 muertes.

En México, la panorámica no es mucho más alentadora y estamos lejos del control de los contagios y de la enfermedad. Según la información registrada y condensada por Google (https://news.google.com/covid19/map?hl=en-US&mid=%2Fm%2F0b90_r&gl=US&ceid=US%3Aen) actualmente se registran 1,025,969 casos de contagio y una preocupante cifra de 100,823 muertes. Estas cifras posicionan a México en el lugar número 11 en casos registrados y en el número 4 en muertes registradas, correspondientemente. Si consideramos que no solo tenemos cerca del 10% de índice de mortalidad en el país, sino que también estamos cerca de contribuir al 8% del total de muertes a nivel mundial, el problema esta lejos de estar controlado. Desgraciadamente, México es uno de los países donde se realizan menos pruebas diagnósticas para detectar el virus de SARS-CoV-2 con lo que es difícil tener un control de la epidemia. Las pruebas diagnósticas nos permiten tener un seguimiento sobre todo de aquellos casos asintomáticos y así poder rastrear los posibles contactos para poder realizar un aislamiento preventivo. Otra ventaja que dan las pruebas diagnósticas, es poder atender de

manera temprana a los enfermos. Una de las razones por las cuales el número de muertes es significativo en el país, se puede relacionar a una atención tardía de la enfermedad, lo que conlleva a complicaciones y finalmente a la muerte.

LAS PRUEBAS DIAGNÓSTICAS Y EL CONFINAMIENTO PARA EL CONTROL DE LA PANDEMIA

Un buen ejemplo de la utilidad de las pruebas diagnósticas y el confinamiento se ha podido observar en China. Justo en la ciudad de Wuhan donde la pandemia comenzó se tomaron medidas muy fuertes, pero a pesar de ello no dejaron de realizar pruebas diagnósticas. Entre enero y abril se impusieron medidas de restricción en dicha ciudad, para poder controlar los casos de COVID-19. Unos meses después de la reapertura de Wuhan, solo se observaron 6 nuevos casos entre abril y mayo de este año, con lo cual se podía considerar la pandemia bajo control. Sin embargo, entre el 14 de mayo y el 1 de junio, se realizó un diagnóstico masivo en la ciudad de Wuhan, utilizando pruebas moleculares basadas en ADN, con lo cual se tuvo un aprendizaje epidemiológico importante de la enfermedad. Todos los residentes de la ciudad con seis años o más de edad fueron elegibles para el estudio, de los cuales participaron 9,899,828 (92.9%). Si bien no se identificaron nuevos casos

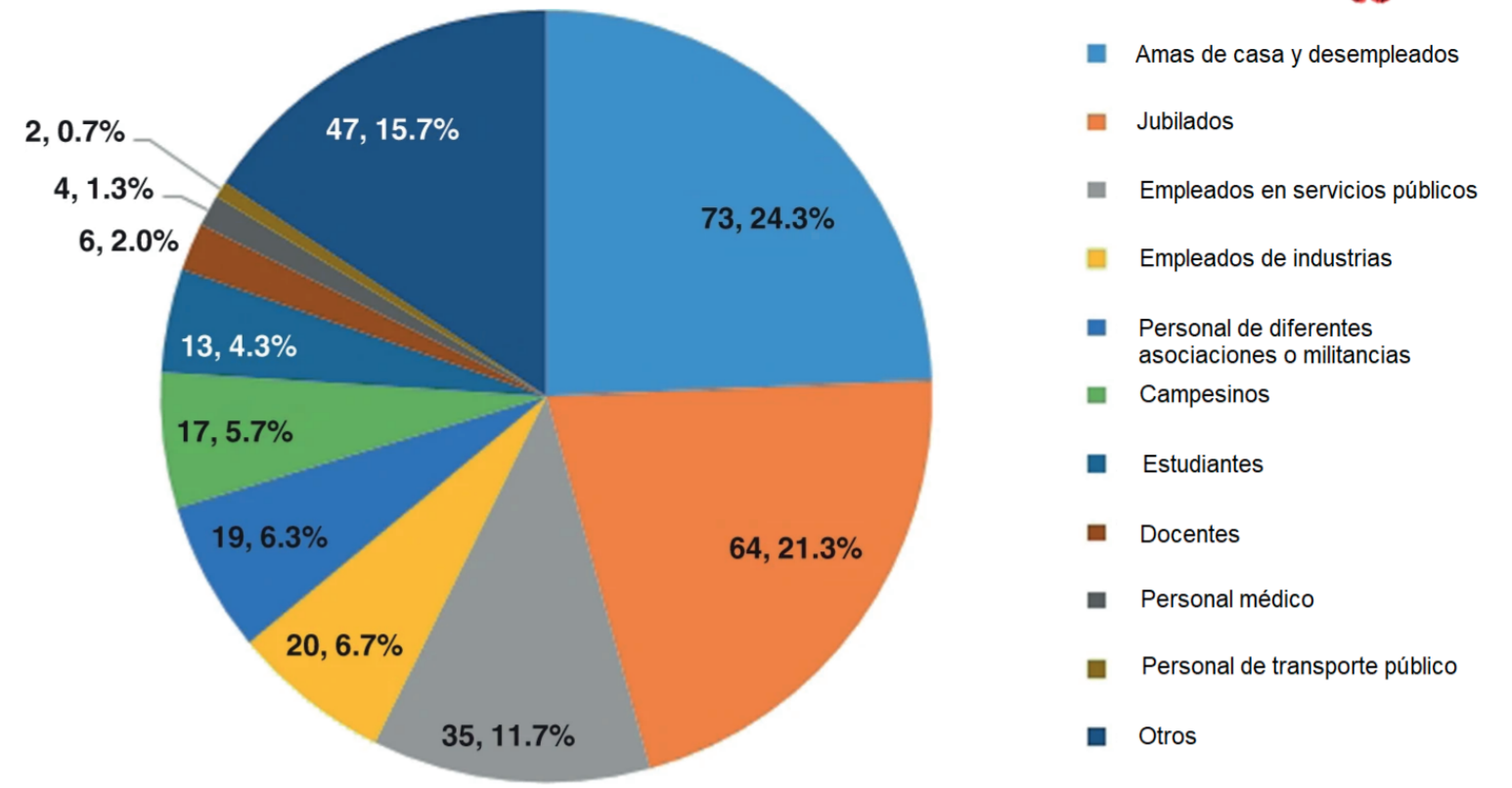


FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN de los casos asintomáticos según su profesión u ocupación laboral. Modificada de <https://www-nature-com.biblioteca.ibt.unam.mx:8080/articles/s41467-020-19802-w>

simptomáticos, si se pudieron detectar 300 casos asintomáticos. En la Figura 3, vemos la distribución de los casos asintomáticos con respecto a su ocupación laboral. Como se puede observar, casi el 45% de los casos fueron de personas que permanecían en casa o realizaban labores en la misma. Esto es consistente con información recopilada a lo largo de la pandemia, donde la mayoría de las infecciones se dan en casa cuando algún miembro sale a trabajar y relaja las medidas de higiene dentro de su núcleo familiar ya que no presentan ningún síntoma.

Haciendo un rastreo, no se encontraron casos positivos entre las 1,174 personas que tuvieron contacto cercano con los casos asintomáticos. Por otro lado, 107 de 34,424 pacientes con COVID-19 previamente recuperados, dieron positivo nuevamente. Sin embargo, al realizar ensayos donde se tomaron muestras y comprobaron si había capacidad infectiva en cultivos celulares, se observó que a pesar de que las pruebas moleculares dieran un resultado positivo (posiblemente un falso positivo), el material genético del virus presente en los pacientes, no pertenecía a partículas virales infectivas y posiblemente eran restos que el sistema inmune deja al combatir y controlar la enfermedad. Por lo tanto, se puede concluir que la prevalencia de la infección por SARS-CoV-2 en Wuhan fue muy baja entre las cinco y ocho semanas al final del confinamiento. Esto nos sugiere que las medidas de confinamiento estricto fueron exitosas y las pruebas moleculares pueden ayudar a controlar una epidemia y dan certidumbre para tomar decisiones de cómo volver a la normalidad.

LA SITUACIÓN ACTUAL DE MORELOS

Aunque el costo del muestreo puede ser elevado, en una situación donde la

epidemia causa el 10% de mortalidad en una población, estaría plenamente justificado el gasto. Esto no solo ayuda a la toma de decisiones de manera consistente e informada, sino que da una percepción de control sobre la situación, con la cual la población puede responder de una mejor manera al confinamiento, el cual se puede reducir de manera importante, como se ha observado en China y en una ciudad como Wuhan con cerca de 11 millones de habitantes. Por ejemplo, el estado de Morelos tiene cerca de 2 millones de habitantes, distribuidos principalmente en 4 ciudades, donde Cuernavaca representa casi el 25% de toda la población en el estado de Morelos. La inversión que se puede hacer en diagnósticos para controlar la epidemia en la región podría contribuir a un control mucho más efectivo, como se observó en Wuhan, China. La intención es poder detectar los casos asintomáticos y rastrear los contactos que hayan tenido para así no seguir propagando la enfermedad y tener programas de confinamiento mucho más dirigidos y reducidos. Con estas medidas, la economía y la sociedad no se verían afectadas por tanto tiempo. Aunque Morelos tiene en la actualidad 7,404 casos registrados y 1,277 muertes, ubicándolo en el lugar 30 de número de contagios registrados, no deja de ser importante mantener las medidas de confinamiento, sana distancia y uso de cubrebocas ante la falta de pruebas diagnósticas. Lo más preocupante

en este momento, es el aumento de movilidad, que para la mayoría de las circunstancias ha regresado a la misma frecuencia que se tenía antes de la pandemia, como se observa en las estadísticas encontradas en el sitio de Google (<https://news.google.com/covid19/map?hl=en-US&mid=%2Fm%2F01btwx&gl=US&ceid=US%3Aen>)

En las siguientes entregas hablaremos de las medidas preventivas y más detalles de lo que sabemos del virus, que ha dejado de ser considerado como una enfermedad respiratoria, ya que es capaz de producir una enfermedad multisistémica que se ve agravada por otras epidemias que ya estaban presentes en la población mexicana, como la diabetes, hipertensión y obesidad, con lo que se convierte en una sindemia (conjunto de epidemias).

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.

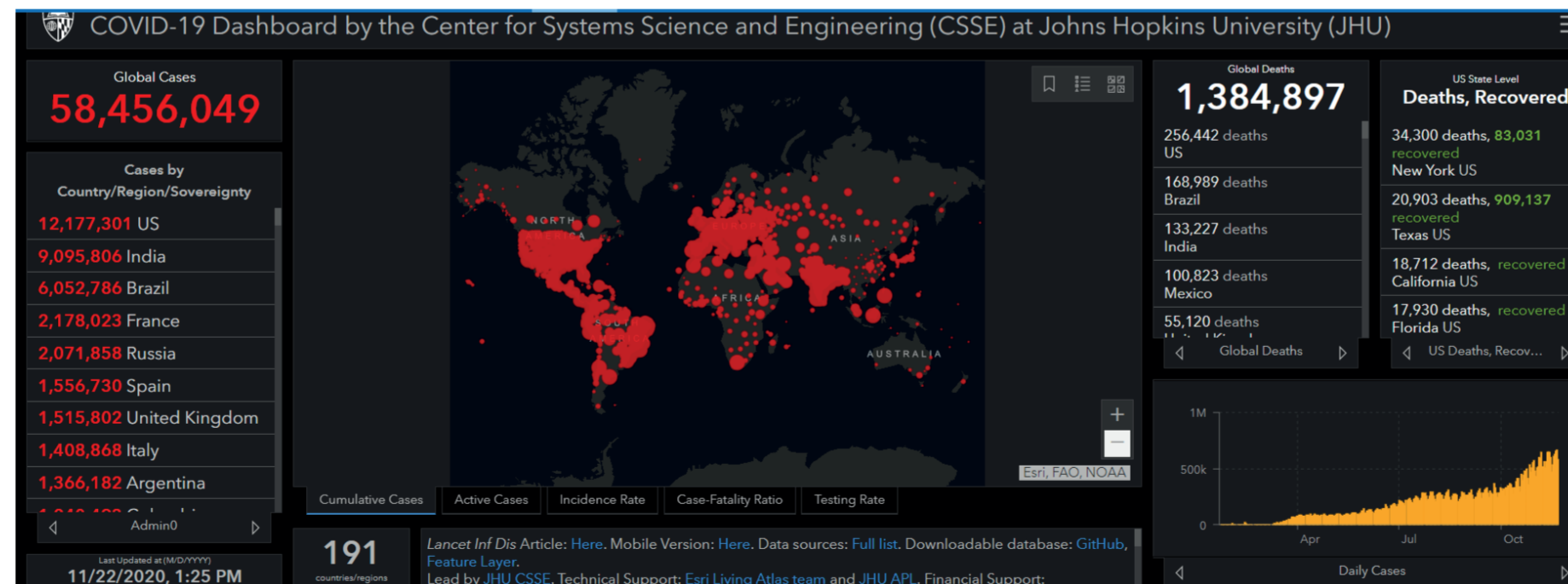


FIGURA 2. PANORÁMICA general de casos diagnosticados de SARS-CoV-2 en el mundo. En la parte central se observa la distribución en los diferentes países donde cada círculo rojo indica entre 50,000 y 2,500,000 casos, según el tamaño del círculo. En cada panel vemos la distribución de casos y muertes por país, así como el acumulado diario de casos en el mundo (parte inferior derecha). Imagen capturada de <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>

Ligas de interés

- » <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>
- » https://news.google.com/covid19/map?hl=en-US&mid=%2Fm%2F0b90_r&gl=US&ceid=US%3Aen
- » <https://news.google.com/covid19/map?hl=en-US&mid=%2Fm%2F01btwx&gl=US&ceid=US%3Aen>
- » <http://www.acmor.org/articulo/un-nuevo-coronavirus-que-es-eso-nos-tenemos-que-preocupar>
- » <http://www.acmor.org/articulo/covid-19-seis-meses-del-inicio-de-la-pandemia-segunda-parte>
- » <http://www.acmor.org/articulo/covid-19-seis-meses-del-inicio-de-la-pandemia-primera-parte>

Referencias

- » <https://www-nature-com.biblioteca.ibt.unam.mx:8080/articles/s41467-020-19802-w>

ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

Para actividades recientes de la academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org.mx
¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: editorial@acmor.org.mx



COVID19: A casi un año del inicio de la pandemia (Segunda parte)

F. ALEJANDRO SÁNCHEZ FLORES
MIEMBRO DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS
DE MORELOS

En la entrega anterior, se realizó una breve narrativa del origen del virus SARS-CoV-2 y los inicios de la pandemia, la panorámica general de la epidemia en México y cómo las pruebas diagnósticas de manera masiva y el confinamiento han servido para controlar la pandemia en otros lugares del mundo. Desgraciadamente, en nuestro país no se ha logrado tener un control eficaz de la COVID-19 y esto lo podemos seguir viendo reflejado en cifras alarmantes. El 28 de noviembre se reportaron 22,809 y 1,217 muertes en el país, con lo que se tiene un repunte similar al del 5 de octubre donde se reportaron más de 28 mil casos. Si bien la cifra del 28 de noviembre es la acumulación de los casos de dos días, es claro que la tendencia sigue al alza y no es posible decir que estamos cerca de controlar la epidemia en México. El mayor riesgo que existe actualmente, es el del colapso de los servicios de salud, por lo cual no se pueden relajar las medidas de prevención.

Hay que recordar que al no existir tratamientos para eliminar el virus del SARS-CoV-2, dependemos de nuestro sistema inmunológico para combatir una enfermedad cuyo agente patógeno le es desconocido. Por lo tanto, las vacunas que se están desarrollando y probando actualmente, son la mejor opción que tenemos para el control de la epidemia, ya que entrenarán a nuestro sistema inmune para la prevención de la COVID-19 y posiblemente, nos permitan a largo plazo el control y erradicación de este patógeno. En esta entrega abordaré la situación actual de las vacunas, su funcionamiento y los resultados de efectividad que se reportan hasta ahora.

SITUACIÓN ACTUAL DE LAS VACUNAS

Como ya se ha descrito en entregas anteriores (<http://www.acmor.org/articulo/la-carrera-hacia-la-vacuna-contra-covid-19-primera-parte>; <http://www.acmor.org/articulo/la-carrera-hacia-la-vacuna-contra-covid-19-segunda-parte>) las vacunas son tratamientos que entrenan a nuestro sistema inmune, de manera segura y efectiva, contra enfermedades cuyos síntomas pueden llegar a ser mortales o para los cuales no hay medicamentos que puedan detener o eliminar la enfermedad. Al vacunar a un gran porcentaje de la población no solo están protegidos aquellos que fueron vacunados, sino también aquellos que no se vacunan ya que se logra una inmunidad grupal o de rebaño (Figura 1). Esta inmunidad de grupo es el resultado de cortar la transmisión del virus ya que, al existir varias personas vacunadas de manera efectiva, la enfermedad deja de propagarse ([Legend:
 = no inmunizado pero todavía sano
 = inmunizado y sano
 = no inmunizado, enfermo y contagioso

1º 0% de inmunizados
 La infección se extiende rápidamente por la población

2º Bajo % de inmunizados
 La infección se extiende por la población

3º Alto % de inmunizados
 Los casos contagiosos son contenidos](http://</p>
</div>
<div data-bbox=)

FIGURA 1. INMUNIDAD de grupo o de rebaño. 1º No hay población inmune y la transmisión de la enfermedad se da rápidamente. 2º Existen algunos inmunes, pero son muy pocos para cortar la transmisión de la enfermedad. 3º Hay un alto número de inmunes y se corta la transmisión. Tomada de: <https://www.facebook.com/farmafir/posts/1734182916723669/>

www.acmor.org/articulo/covid-19-los-caminos-de-la-pandemia.

Los mecanismos de acción de las vacunas contra SARS-CoV-2 son variados y en una entrega anterior, se describieron a mayor detalle, pero podemos ver un resumen gráfico en la Figura 2. Hay que recordar que gracias a que se pudo obtener de manera rápida la información genética del virus, ha sido posible realizar el diseño para las diferentes vacunas que existen.

Actualmente se cuenta con 38 vacunas en

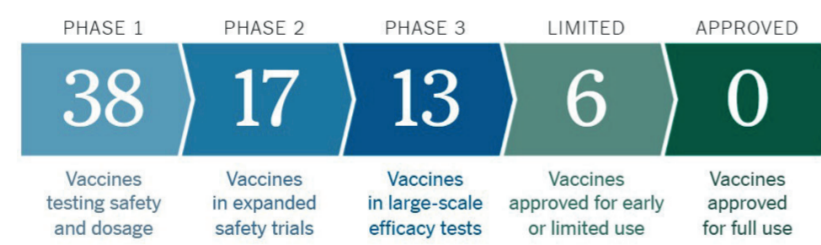


FIGURA 2. TIPOS de vacunas. Para la vacuna del SARS-CoV-2, se utiliza el propio coronavirus o algunas de sus partes para entrenar al sistema inmune. Modificada de: https://elpais.com/elpais/2020/05/30/ciencia/1590828979_735960.html

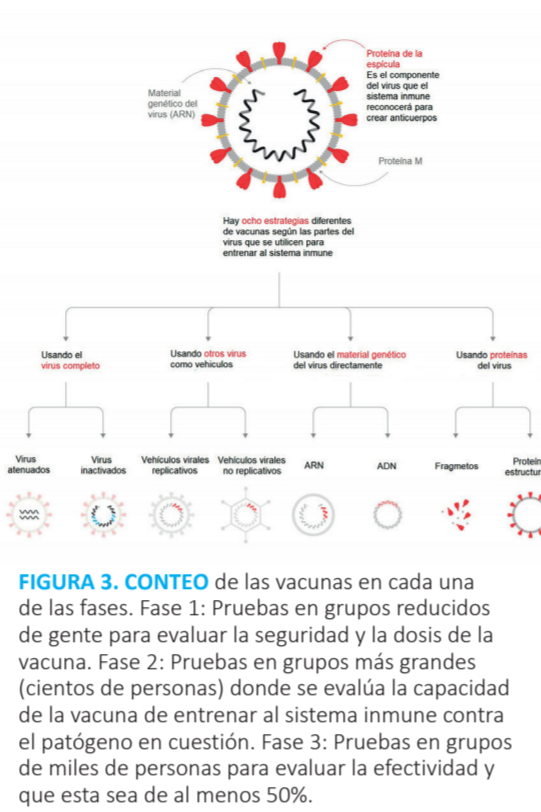
pruebas de fase 1, 17 en fase 2 y 13 en fase 3 (Figura 3). Aunque existen 6 vacunas que se están utilizando de manera anticipada en países como China, Rusia y los Emiratos Árabes, oficialmente dichas vacunas aún no son liberadas para su uso masivo en la población y existen riesgos que se evalúan en la fase 3. En particular, existen 3 vacunas que han hecho públicos los resultados

preliminares que han obtenido para la fase 3, donde principalmente se prueba la efectividad de la vacuna. Si bien los resultados son prometedores, aún queda un largo camino por recorrer para tener certidumbre de la verdadera efectividad.

¿CÓMO SE MIDE LA EFECTIVIDAD DE LA VACUNA?

La

fase clínica 3 se enfoca en verificar la efectividad de la vacuna en grandes grupos de personas donde, a diferencia de las otras fases, se incluyen individuos en un amplio rango de edad y que pueden presentar enfermedades crónicas que pudier-



afectar la efectividad de la vacuna. La idea es que los candidatos a vacunas presenten en esta fase de prueba, al menos un 50% de efectividad en los diferentes grupos de estudio. Sin entrar mucho en detalle, en esta fase se evalúa la efectividad administrando la vacuna a un grupo determinado, cuyos resultados se comparan con otro grupo con características similares pero que se les inyecta un placebo. El placebo puede ser simplemente agua o bien, todos los elementos de la vacuna exceptuando los componentes del virus SARS-CoV-2. También puede ser otra vacuna que no tiene que ver con el virus. De esta manera, se comparan los resultados del grupo experimental y el grupo control (placebo), donde a los participantes se les pide que continúen con su vida normal y advirtiéndoles que pudieron haber recibido la vacuna o el placebo. A este tipo de estudio se le llama "doble ciego" ya que ni las personas que reciben el tratamiento, ni los que lo administran, saben directamente quien recibe la vacuna y quien el placebo. De esta manera se evitan sesgos que pudieran afectar los resultados del estudio. A las personas se les hace un monitoreo constante, donde se registran los casos donde se presentaron infecciones por SARS-CoV-2 y la idea es que se presenten muy pocos casos de infecciones en el grupo que recibió la vacuna, mientras que en el grupo que recibió el placebo, se observen el mayor número de casos de COVID-19. Por lo tanto, si en un grupo de 100 personas que fue tratado con el candidato a vacuna se enferman 5, se puede hablar de una efectividad del 95% (95 sanos de 100 personas). Esta efectividad se confirma con el grupo placebo donde se esperarían que cerca de 95 personas de 100 se enfermaran dado que no recibieron la vacuna. A continuación, se describen los avances para 3 vacunas en particular,

► Liga de interés

https://news.google.com/covid19/map?hl=es-419&mid=%2Fm%2F0b90_r&gl=MX&ceid=MX%3Aes-419
<http://www.acmor.org/articulo/la-carrera-hacia-la-vacuna-contra-covid-19-primera-parte>
<http://www.acmor.org/articulo/la-carrera-hacia-la-vacuna-contra-covid-19-segunda-parte>
<http://www.acmor.org/articulo/covid19-casi-un-ano-del-inicio-de-la-pandemia-primera-parte>
<http://www.acmor.org/articulo/covid-19-los-caminos-de-la-pandemia>
<https://elpais.com/ciencia/2020-11-23/las-diferencias-abismales-entre-las-vacunas-de-pfizer-moderna-y-oxford>
<http://www.acmor.org/articulo/covid-19-los-caminos-de-la-pandemia>

de las cuales ya se ha hablado en entregas anteriores, pero recientemente han reportado resultados preliminares para evaluar su efectividad.

VACUNAS BASADAS EN ARN (PFIZER Y MODERA)

Como se puede observar en la Figura 1, una de las estrategias para crear una vacuna es tomar un fragmento de la información genética del virus SARS-CoV-2 y sintetizar una molécula de ARN (Ácido Ribonucleico) que contenga las instrucciones para alguna proteína clave que el sistema inmune pueda reconocer y así formar anticuerpos que puedan neutralizar el virus. Una proteína clave es la llamada proteína espiga o espícula (spike protein en inglés) que utiliza el virus como "llave" para entrar en las células y que interacciona con el receptor tipo 2 para Angiotensina (ACE2 por sus siglas en inglés). Por lo tanto, si esta proteína es bloqueada por los anticuerpos, el virus ya no podrá infectar a las células. A pesar de que hay evidencias científicas que prueban que esta estrategia es efectiva, no hay antecedentes de alguna vacuna que haya empleado este método. Explicando de manera breve el funcionamiento de estas vacunas, se trata de inyectar una molécula de ARN que, de manera general, es la manera en que los seres vivos acceden a la información genética contenida en el ADN y que puede ser interpretada para sintetizar una proteína. En el caso de la vacuna de ARN, se toma un fragmento de ARN que corresponde solo a la información de la proteína de la espiga. Esta información se inyecta en el músculo y los mioцитos (células que forman el tejido muscular) serán los encargados de interpretar la información necesaria para sintetizar dicha proteína del virus. Por lo tanto, no hay manera de formar partículas virales que pudieran infectarnos o infectar a otros, ya que no existe ninguna otra información para sintetizar el resto de los elementos que formarían las partículas virales. Con esto se garantiza la seguridad de la vacuna. Obviamente, en la fase 3 evalúa si la vacuna está funcionando de manera correcta y qué tan eficiente es para entrenar al sistema inmune, dado que tampoco está recibiendo todos los componentes del virus. Por un lado, la empresa norteamericana multinacional Pfizer, en alianza con la empresa alemana BioNTechSE, tienen el candidato a vacuna llamado BNT162b2 y que está basada en ARN.

Recientemente se ha demostrado que tiene una eficacia mayor al 90%. Por otro lado, la empresa norteamericana Moderna, en alianza con el Instituto Nacional de Salud (NIH por sus siglas en inglés) de E.E.U.U. lanzaron el candidato a vacuna mRNA-1273 y que también presenta una efectividad mayor al 90% en los estudios preliminares dentro de la fase 3. En ambos casos, a pesar de que los resultados son muy alentadores, se debe recordar que son resultados preliminares y aunque la seguridad de la vacuna y los posibles efectos secundarios que pueda tener se han evaluado en la fase 2, es importante recordar que, al tener pruebas en un número mayor de personas con edades, condiciones de salud y fondos genéticos diferentes, es posible encontrar casos donde la vacuna no solo no es efectiva, sino que tiene algún efecto adverso. Independientemente de los problemas directamente relacionados a la efectividad y seguridad de las vacunas basadas en ARN, existen otras limitantes que deben ser consideradas y que van más allá de la ciencia y la medicina. Uno de estos problemas es la logística para la distribución de estas vacunas, ya que, debido a la naturaleza de la misma, se requiere de un almacenamiento en ultracongelación. La vacuna de Pfizer requiere de temperaturas de -70°C para conservarse, mientras que la de Moderna solo requiere de -20°C. En ambos casos, el reto es bastante grande, ya que no existen medios convencionales para mantener la cadena de frío a dichas temperaturas, sobre todo en trayectos entre continentes. La vacuna de Pfizer solo puede ser conservada por 15 días en ultracongelación, mientras que la de Moderna puede durar meses e incluso algunos días a temperaturas de refrigeración (entre 2 y 8°C). Esta diferencia se debe a la cantidad de material genético contenida en cada tipo de vacuna y no a la estabilidad en sí. La vacuna de Moderna tiene una cantidad mayor de ARN por lo que si se degrada, aún hay suficiente para tener efecto a la hora de inmunizar. Sin embargo, una diferencia también importante es el precio, donde la vacuna de Pfizer cuesta alrededor de los 18 dólares americanos, mientras que la de Moderna tiene un precio aproximado de 25 dólares. Si consideramos que para ambos casos se requieren de 2 dosis, hablamos de 36 y 50 dólares respectivamente, lo cual representa un gasto significativo.

LA VACUNA DE ASTRAZENECA

Como ya se ha explicado en otras entregas y como se puede ver en la Fig-

ura 1, esta vacuna tiene una estrategia donde se utiliza un vector viral no replicativo, que contiene la información para la proteína de la espiga del SARS-CoV-2. El candidato a vacuna con el nombre AZD1222 fue una de las primeras posibles vacunas que, en las fases clínicas previas, presentó muy buenos resultados y sobre todo ha mostrado una gran transparencia en los mismos. Incluso, recientemente se detuvieron todos los ensayos relacionados, ya que apareció un caso donde se presentó una sintomatología adversa que podía estar relacionada con la vacuna. Después de un análisis exhaustivo del caso, se determinó que no había relación con la vacuna y se continuaron las pruebas. Actualmente, también se tienen algunos resultados preliminares de la fase 3 y que han generado controversia. En dichas pruebas, se observó que una dosis menor de la vacuna, tenía una eficiencia mayor (más del 90%) que cuando se daba la dosis completa (60% de efectividad). Este resultado no es malo en sí, pero si ha causado una sorpresa en los científicos que desarrollaron la vacuna. Es contraintuitivo que a una dosis menor se genere una mejor respuesta inmune y por lo tanto una mayor efectividad de la vacuna. Sin embargo, una posible explicación tiene que ver con la respuesta inmune hacia el vector viral que se está usando. Dado que el vehículo es un virus de chimpancé que solo contiene la información para la proteína de la espiga, es muy posible que la respuesta inmune esta divida entre responder contra los elementos del vehículo viral y la proteína del SARS-CoV-2. Dado que es un virus que no se replica, la cantidad de partículas virales que se inyectan en la vacuna, es significativa y esto genera una respuesta inmune que no está relacionada con la protección al SARS-CoV-2. Por lo tanto, una menor dosis pudiera tener un mejor efecto ya que el sistema inmune puede enfocarse más en las proteínas del virus que se producirán en el organismo una vez que el vehículo viral hizo su trabajo, y no en las partículas del virus de chimpancé que se inyectan al administrar la vacuna. Hay que recordar que aunque un agente extraño no nos haga daño, no significa que no despierte una respuesta inmune, solo que es difícil controlar y anticipar cómo se dará dicha respuesta. Algunas ventajas que tiene la vacuna de AstraZeneca, es que es una estrategia que ha sido probada ya para otras vacunas y se tiene una mejor idea del funcionamiento y posibles problemas relacionados. Otra ventaja es que su almacenamiento no requiere de ultracongelación y se puede conservar por tiempos más largos ya sea refrigerada o congelada sin afectar su efectividad, lo cual facilitaría su transporte y la logística de

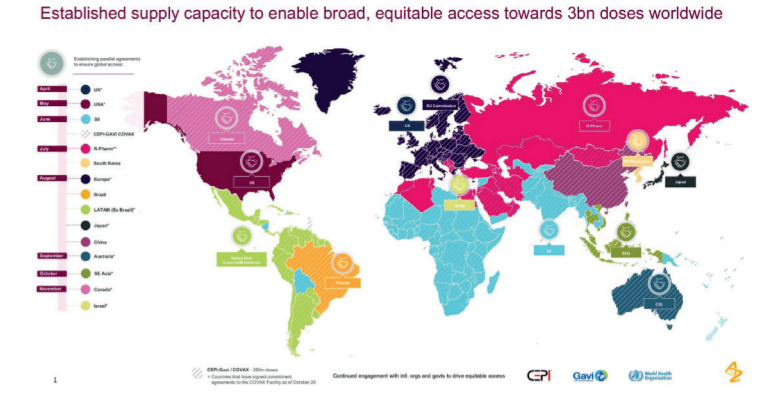


FIGURA 4. MAPA de la capacidad de producción y distribución de la vacuna de AstraZeneca en el mundo. Se estima una producción de 3 billones de dosis y una distribución que comenzara en abril del 2021 en el Reino Unido.

distribución mundial. Por último, el costo es un factor a considerar, ya que el precio estimado para cada dosis es cercano a los 3 dólares y aunque se requieren 2 dosis, esto no representa un gasto tan grande como con las otras vacunas. No obstante, aún hay que esperar a los resultados finales de la fase 3 para tener una mejor idea de su efectividad.

LA DISPONIBILIDAD DE VACUNAS EN MÉXICO

En el país ya se tienen datos para recibir millones de dosis de las vacunas mencionadas. Sin embargo, hay que recordar que cualquier vacuna o medicamento tiene que pasar por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) que es la entidad regulatoria para la autorización en cuestión. En el caso de la vacuna de Pfizer, se espera que esté disponible entre diciembre y enero del 2021, suponiendo que no surge ningún contratiempo, ya sea por parte de la empresa o bien, en la parte de regulación y autorización sanitaria. Como ya se mencionó, la limitante estaría en la logística, ya que se requiere una cadena de frío de nivel ultracongelación. Una fecha clave para esta vacuna es el 10 de diciembre, cuando se darán a conocer los resultados por parte de la *Federal Drug Administration* (FDA) en E.E.U.U. donde posiblemente se marque la pauta para la aprobación en nuestro país. En caso de no existir complicaciones, se esperan alrededor de 17 millones de dosis para vacunar en una primera instancia a los grupos de riesgo. En el caso de la vacuna de Moderna no se tiene una fecha, pero se ha manifestado que al formar parte del portafolio COVAX, una iniciativa de la Organización Mundial de la Salud (OMS), su llegada a México está garantizada ya que nuestro país forma parte de dicha iniciativa que busca garantizar un acceso justo y equitativo a las vacunas contra el COVID-19 para todos los países

del mundo. En el caso de la vacuna de AstraZeneca, se tiene un trato en México para entregar más de 70 millones de dosis, donde habrá un involucramiento de la Fundación Carlos Slim y los Laboratorios Liomont. Estos últimos serán los encargados de manejar y distribuir la vacuna. De nuevo hay que recordar que, en el caso de la vacuna de AstraZeneca, existen limitantes para su producción por lo que posiblemente la distribución en nuestro país no se haga sino hasta el mes de agosto del 2021 (Figura 4).

Finalmente, con todos estos acuerdos es posible que, para mediados del 2021, en México se haya logrado la inmunización de casi el 90% de la población. No obstante, habrá que en este tiempo crear conciencia para que la gente tenga la disposición de ser vacunada o bien, que exista una disposición por parte del gobierno, que haga de carácter obligatorio la vacunación contra SARS-CoV-2. Es importante mencionar que la vacunación puede no bastar para controlar la epidemia al inicio y que sean necesarias medidas de confinamiento intermitente para que la estrategia sea efectiva. Por el momento, hay que mantener las medidas de prevención actuales y no relajarlas sobre todo en las fiestas veraniegas. El confinamiento seguirá siendo lo más efectivo, ya que el virus se mueve con las personas y los contactos entre ellas. También hay que pensar que se ha hecho un sacrificio muy grande donde la economía se ha visto afectada, pero precisamente se debe tomar conciencia de que se sacrifica la economía y no la vida de la gente.

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.

COVID19: A casi un año del inicio de la pandemia

F. Alejandro Sánchez Flores
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

Nos acercamos al aniversario del descubrimiento del virus que ha paralizado al mundo entero y que es el causante de una enfermedad pandémica y sindémica. Hoy sabemos más que hace un año, acerca del virus SARS-CoV-2 y la enfermedad que produce (COVID19), pero cada día también descubrimos algún síntoma nuevo, que vuelve a sorprender al mundo. El número de casos sigue en aumento, así como las muertes que se registran asociadas al nuevo coronavirus. Sin embargo, como se habló en entrega anterior, también tenemos el desarrollo y avances de vacunas que podrían ser el inicio del control de la pandemia. Recientemente, se ha autorizado en dos países del mundo, Reino Unido y Baréin, el uso de la vacuna desarrollada por la compañía Pfizer. En el caso del Reino Unido, ya se tienen listas 800,000 dosis que fueron producidas en Bélgica, para iniciar la vacunación en la población británica a partir del siguiente martes. Los primeros grupos a vacunar serán adultos mayores que radican en asilos, así como la gente que se dedica a sus cuidados en dichos lugares. En el caso del Reino de Baréin, no se tiene una fecha exacta para iniciar la inoculación de sus habitantes, posiblemente debido a los problemas de producción y logísticos. En esta última entrega, hablaremos precisamente de otros riesgos y su probabilidad, referente al funcionamiento y efectividad de las vacunas, así como un resumen de lo que sabemos hoy en día del virus y las medidas de contención que debemos seguir aplicando.

para otros organismos o incluso otros virus. Gracias al esfuerzo mundial de analizar y vigilar la secuencia genética del virus, desde su aparición hasta la fecha, se ha podido observar que el virus ha mutado, pero a un ritmo muy lento. Básicamente, se observa que el virus tiene cambios puntuales cada mes, en dos de las aproximadamente 29,000 letras que conforman su información genética. Comparado contra otros virus como el de la influenza, esta tasa de mutación es menos de la mitad de la que se observa en dicho virus o incluso un cuarto de la que se observa en el VIH. Según las investigaciones actuales, estas mutaciones no parecen tener ningún efecto que cambie su capacidad de infectar o esparcirse, ni tampoco algún efecto en los síntomas de la enfermedad o incluso en los índices de mortalidad. Esto es debido a que las mutaciones que se observan no cambian en nada la estructura de las proteínas que conforman al virus, como lo es la proteína espiga (spike protein) que es la que utiliza el virus para infectar a las células. Por lo regular, existe una mayor probabilidad de que estas mutaciones perjudiquen al virus, en vez de hacerlo más infectivo o mortal.

Actualmente, podemos observar que en la mayoría del mundo se encuentra una variante del virus que tiene un cambio en la proteína de la espiga y que predomina en la población mundial. Esta proteína tiene una longitud de 1,255 aminoácidos y es la que utiliza el virus como "ganzúa" para entrar en las células. La mutación que ha adquirido da como resultado que un aminoácido en la posición 614 cambie. Originalmente se podía encontrar en dicha posición al aminoácido Aspártico, pero ahora en la mayoría de

trada para infectar a las células y que, de alguna manera, se ha llegado a seleccionar en las poblaciones humanas por lo que vemos a dicha variante del virus mayor representada. No obstante, no hay ninguna asociación con que dicha mutación sea más infectiva, se asocia con síntomas más graves o una mayor tasa de mortalidad.

El 26 de octubre se publicaron en la revista Nature los resultados de un experimento muy importante relacionado con la mutación D614G. Cuando se utiliza esta variante del virus en un modelo experimental utilizando hamsters, se observó una mayor cantidad de partículas virales en el tracto respiratorio alto y en ciertas regiones de los pulmones. Sin embargo, al probar si estos resultados eran reproducibles en células humanas, solo se observó que el virus se replica con mayor velocidad en células que conforman el tejido epitelial del tracto respiratorio alto, mas no así en células de pulmón. Esto podría explicar que el virus se transmita más rápido entre las personas al encontrarse en mayor cantidad en nariz, tráquea y por lo tanto en saliva. Este incremento en la velocidad de transmisión también explicaría por qué observamos de manera mayoritaria al virus con la variante D614G. Finalmente un resultado importante de los experimentos en hamsters es que los anticuerpos presentes en el suero de estos animales no presentan ningún problema para neutralizar al virus, aún en aquellos que fueron inmunizados con la variante D en la posición 614 e infectados con la variante G. Por lo tanto, es poco probable que ésta o incluso otras mutaciones puedan afectar la efectividad de las vacunas o la efectividad de los anticuerpos que se produzcan.

Recientemente se encontró en Dinamarca que una granja de visones había animales infectados con el virus SARS-CoV-2 y que presentaba mutaciones no observadas anteriormente. Los visones son animales particularmente susceptibles a contagiarse con el virus y esto ya había sido observado en otros países donde se tienen granjas con estos animales. Sin embargo, la razón de alarma fue que las mutaciones que se encuentran en los virus que infectan a estos animales, también se encontraban en virus encontrados en algunos grupos de personas en Dinamarca. Son cuatro las mutaciones que se pueden observar en los visones y que se ubican en varias posiciones de la proteína espiga. Una corresponde a la desaparición de dos aminoácidos en las posiciones 69 y 70, mientras que las tres restantes son cambios en las posiciones 453, 692 y 1229 (Y453F, I692V y M1229I). Existen algunas evidencias para cada una de estas mutaciones, pero ninguna de ellas que puedan relacionarse con un claro efecto que le reste efectividad a las vacunas o algún efecto catastrófico en humanos. Es muy posible que estas mutaciones estén mas relacionadas con la capacidad del virus para poder infectar a los visones, por lo que no hay peligro alguno, al menos con las evidencias disponibles al momento. A pesar de no haber suficientes evidencias, el gobierno danés decidió sacrificar a 17 millones de visones en un acto que afectó a los productores y también que puede ser calificado como alarmista, al interpretar

evidencias científicas de manera precipitada y errónea.

¿Qué pasa con los tratamientos?

A diferencia de las vacunas, los tratamientos para COVID19 tienen un avance muy lento debido al gran reto que representa curar la enfermedad. Hasta la fecha, no existe ningún tratamiento para curar la enfermedad causada por el SARS-CoV-2 y existe un tratamiento aprobado por la Federal Administration en E.E.U.U. y es el Remdesivir. A pesar de que este medicamento tiene un efecto modesto en el tratamiento de la enfermedad, la agencia regulatoria estadounidense lo ha aprobado para su uso de emergencia en pacientes graves. En noviembre, la Organización Mundial de Salud manifestó su postura en contra del fármaco, ya que las pruebas clínicas recientes demuestran que no hay un beneficio real.

Los antiinflamatorios esteroidales como la Dexametasona han demostrado ser efectivos para el tratamiento de pacientes intubados con problemas que requerían oxígeno artificial. Sin embargo, es muy importante que estos medicamentos no se usen en pacientes que no tienen complicaciones respiratorias, ya que pueden usarse como preventivos.

Actualmente existen 22 tratamientos en diferentes fases de desarrollo y uso. Muchos de estos fármacos han acumulado evidencia de su efectividad, pero la mayoría todavía se encuentra en las primeras fases de investigación. Algunos presentan resultados contradictorios y muchos no presentan resultados en el futuro. Desgraciadamente, existe una lista de productos milagro y tratamientos que son fraude, charlatanería y pseudociencia, por lo que hay que tener mucho cuidado.

Una enfermedad con efectos sistémicos

Inicialmente se pensaba que el virus SARS-CoV-2 infectaba células del sistema respiratorio y que el desarrollo de la enfermedad se limitaba a un síndrome respiratorio agudo (de ahí su nombre). Sin embargo, evidencias actuales demuestran que el virus infecta a otros tejidos y órganos que incluyen intestino, riñones, corazón y hígado. Recientemente se ha observado en testigos que, aunque esto ya se había comentado en entrega anterior de esta columna (www.acmor.org/articulo/covid-19-10-meses-del-inicio-de-la-pandemia-parte-1), recientemente se ha corroborado en particular, el virus infecta y permanece un mayor tiempo en las células del intestino (enterocitos), con lo que se representa un reservorio del virus. Esto debe considerarse ya que, aunque las pruebas diagnósticas para SARS-CoV-2, donde se toma una muestra de saliva o hisopado de nariz, pueden dar un resultado negativo, la presencia del virus en otros tejidos como el intestino, con lo que se libera en heces podría generar un riesgo de transmisión. Por lo tanto, la generación de residuos al desear el agua de los inodoros de los sanitarios públicos, podría estar dando origen a infecciones.

Algo alarmante es que investigaciones recientes confirman casos de que el virus puede infectar el tejido de los testículos,



Mutaciones del SARS-CoV-2 y como podría afectar a las vacunas

La información genética de cualquier organismo esta sujeta a cambios. Estos cambios o mutaciones son el resultado de errores que se producen al hacer copias del material genético cuando los organismos se reproducen. Si bien las mutaciones pueden tener efectos positivos o negativos que dependen también del medio en el que se encuentran, dichos cambios son la base de la evolución en los organismos. Esto no es diferente para un virus como el SARS-CoV-2, solo que sucede a un ritmo mucho más lento que

los virus que se encuentran en pacientes infectados, se observa al aminoácido Glicina. Usando el código de una letra para los aminoácidos, al Aspártico se le representa con la letra D y a la Glicina con la G y cuando se quiere indicar un cambio de aminoácido en las proteínas se pone la letra del aminoácido original, luego la posición y luego la letra del aminoácido al que cambia. Por lo tanto, a esta mutación y variante de SARS-CoV-2 se le conoce como D614G (Figura 1). Lo que sabemos hasta ahora es que dicho cambio está en el sitio de unión de la proteína espiga con el receptor ACE2, que es la puerta de en-

ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

Para actividades recientes de la academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org.mx
¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? **CONTÁCTANOS:** editorial@acmor.org.mx

Referencias

<https://www.milenio.com/internacional/medio-oriente/barein>
<https://www.bbc.com/mundo/noticias-55159654>
https://www.cogconsortium.uk/news_item/explainer-sars-cov-2
<https://www.yalemedicine.org/news/2019-novel-coronavirus>



ndemia (Tercera parte)

recipita-

ntamien-
nce más
esenta la
este nin-
ermedad
este solo
ral Drug
nti-
fármaco
iento de
ria esta-
amiento
El 19 de
al de la
del uso
cas más
benefi-

como la
fectivos
abados y
genación
portante
n si los
o que se

os en di-
Algunos
videncia
avía se
a inves-
dos con-
un gran
na larga
amientos
ndocien-
cuidado.

nicos
SARS-
na respi-
nferme-
iratorio
argo, las
e el vi-
que in-
y de ma-
stículos.
o en una
(http://
9-seis-
primera-
ado que
manece
intesti-
sentaría
de con-
as diag-
se toma
la nariz
no des-
órganos
peración
de trans-
de aere-
loros en
causan-
ones re-
rus pue-
causan-

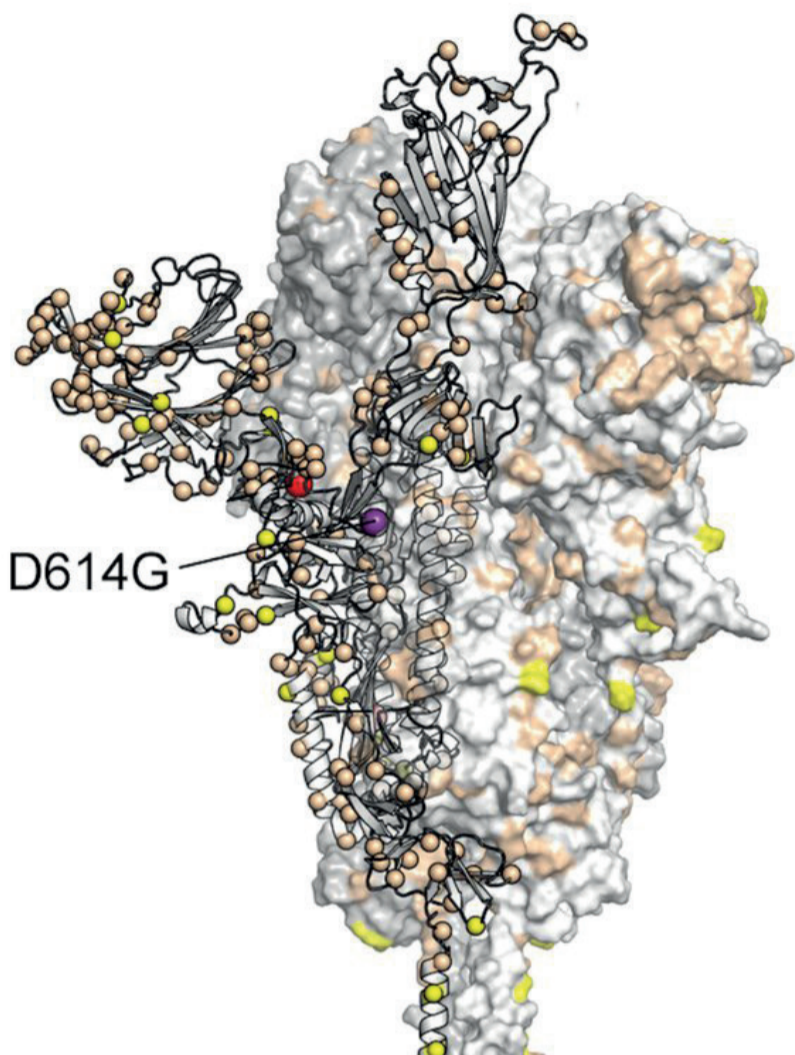


FIGURA 1. MODELO de la estructura de la proteína espiga (spike protein) del SARS-CoV-2 y la posición de la mutación D614G. Tomada de <https://www.infobae.com/americas/ciencia-americas/2020/11/03/esta-evolucionando-la-mutacion-genetica-del-coronavirus-puede-haber-hecho-que-sea-mas-contagioso/>

do esterilidad. Esto era algo que ya se temía pero que recientemente se confirmó en algunos estudios. Otro órgano que se ve afectado y donde existen evidencias recientes que lo comprueba, es el corazón, donde se presentan miocarditis (inflamación del corazón) y si bien estas son raras, el riesgo es grande ya que la inflamación genera cicatrices que decrecientan la salud cardíaca en los pacientes. Por lo tanto, la suma de daños y potenciales secuelas que se presentan en diferentes órganos representa un serio problema de salud que podría no solo restar años de calidad de vida sino también producir incapacidad a largo plazo.

Algunas consideraciones que debemos tomar con lo que sabemos actualmente

Lo que sabemos acerca de la COVID-19 cambia rápida y constantemente: La cantidad de personas infectadas aumenta cada día y si bien el impacto de la enfermedad depende de varios factores, actualmente existen más de 65 millones de casos confirmados en todo el mundo y más de 1.5 millones de muertes. México es uno de los países con más problemas para controlar la pandemia y es algo que no podemos ignorar. Los síntomas de la enfermedad han variado desde leves (sin síntomas informados en algunos casos) hasta graves, llegando al punto de requerir hospitalización, cuidados intensivos

y/o un ventilador. En algunos casos, pueden provocar la muerte y en México se registran más de 100 mil decesos por esta enfermedad. Si bien las personas de todas las edades pueden infectarse, el riesgo de complicaciones aumenta con la edad. Las personas de

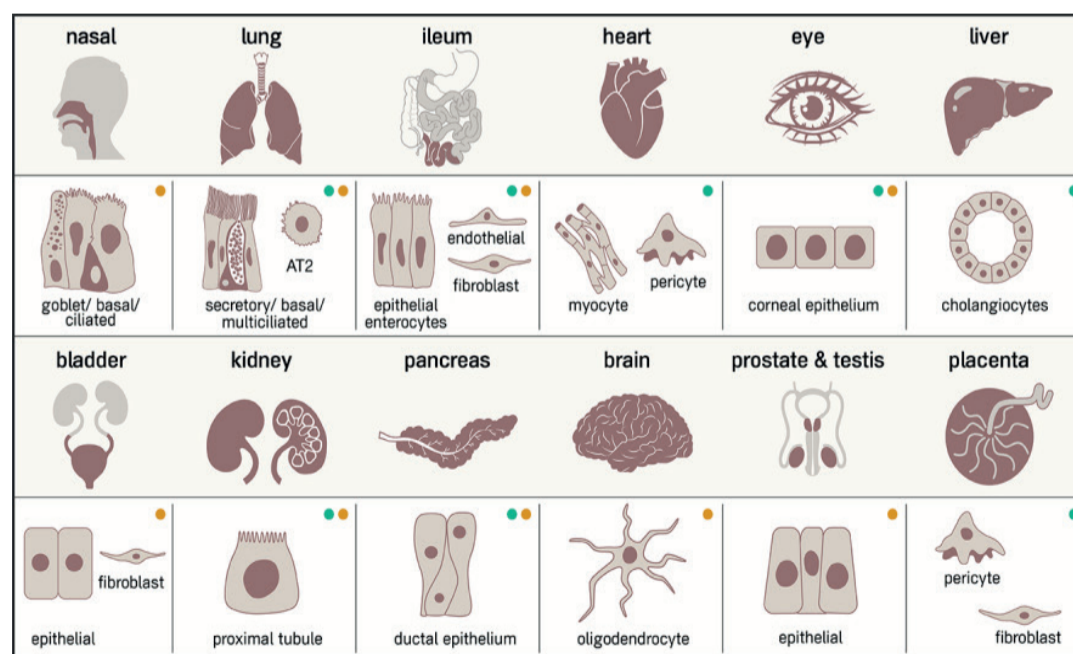


FIGURA 2. CÉLULAS y tejidos que puede infectar el SARS-CoV-2. Tomada de: <https://www.the-scientist.com/news-opinions/receptors-for-sars-cov-2-present-in-wide-variety-of-human-cells-67496>

mayor edad (> 50 años), del sexo masculino y con alguna comorbilidad (diabetes, hipertensión, obesidad o problemas respiratorios, por ejemplo) tienen un mayor riesgo de sufrir una enfermedad grave. No debemos dejar que la enfermedad nos infecte a todos ya que no solo morirá un sector de la población rápidamente, sino que otros grupos sufrirán de enfermedades con secuelas de largo plazo. Finalmente, el mayor problema es que no hay sistema de salud en ninguna parte del mundo que pueda lidiar con un problema así, por lo que el colapso de los servicios de salud sería inminente.

Las medidas estrictas son fundamentales para frenar la propagación de la enfermedad: En un inicio, los expertos en salud pública dirigieron los esfuerzos para "aplanar la curva". La expectativa es que la pandemia alcanzará el punto máximo en algún momento. Aplanar la curva significaría que habría menos pacientes en algún momento para que los hospitales pudieran estar en condiciones de manejar las demandas de los pacientes con COVID-19 y otras enfermedades. En México esto nunca ocurrió y se sigue registrando un aumento en los gráficos. Por lo tanto, las medidas de higiene, la sana distancia y de ser posible el confinamiento, son medidas que no deben abandonarse. En el caso de la última medida mencionada, se ha debatido mucho debido a como afecta la economía, pero debemos si consideramos que se sacrifica la economía para salvar vidas, esto es un sacrificio necesario.

La prevención de infecciones es clave: Hay muchas cosas que puede hacer para protegerse y proteger a las personas con las que se interactúa. Lavarse las manos, especialmente antes de comer y tocarse la cara, y después de ir al baño, y evitar a otras personas que tengan síntomas similares a los de la gripe son las mejores estrategias en este momento. Vacunarse contra la influenza también es algo altamente recomendable, ya que se evitaría contraer y esparcir una enfermedad que tiene síntomas en común con COVID19. Recordemos las recomendaciones que se mencionan constantemente:

- Quédese en casa si está enfermo.
- Use un cubrebocas de tela que abarque su nariz y boca, cuando esté cerca de otras personas, especialmente con personas que no viven en su hogar. El uso de

cubrebocas es más importante en espacios interiores y exteriores cuando no se puede mantener una distancia física igual o mayor a 2 metros. Dentro de los hogares, se deben usar cubrebocas cuando un miembro del hogar está infectado o ha tenido una exposición potencial reciente al COVID19. Un cubrebocas no sustituye al distanciamiento social.

- Lávese las manos con agua y jabón durante al menos 20 segundos. Si no hay jabón disponible, use un desinfectante para manos con al menos 70% de alcohol.
- Evite tocarse la nariz, los ojos y la boca. Use un pañuelo desechable para cubrir la tos o el estornudo y luego tírelo a la basura.
- Evite los espacios interiores no esenciales y los entornos exteriores abarrotados.
- Cree un plan de acción para el hogar en caso de que alguien en su casa se enferme con COVID19. Debe hablar con las personas que deben ser incluidas en su plan, planificar formas de cuidar a las personas que podrían estar en mayor riesgo de sufrir complicaciones graves, conocer a sus vecinos y asegurarse de que usted y su familia tengan un plan para cuidar a una persona enferma. Esto incluye planificar una forma de separar a un miembro de la familia que se enferma de aquellos que están sanos, si surge la necesidad.
- Planifique visitas con amigos y familiares al aire libre si es posible. Si debe visitarlos en el interior, asegúrese de que el espacio pueda adaptarse al distanciamiento social y abra las puertas y ventanas para asegurarse de que el espacio esté bien ventilado.
- Evite los viajes y organizar eventos sociales.

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.