AyTBUAP 11(43):1-17
Juárez-González *et al*, 2026

http://doi.org/10.5281/zenodo.23682408

Los virus han causado pandemias que marcaron la historia de la humanidad y que aprendimos de ello

Victor Rivelino Juárez-González[1,2]* iD, Victor Hugo Guadarrama-Pérez[1] iD, Verónica Alejandra Juárez Quintero[3] iD, Oscar Guadarrama-Pérez[4] iD, Jesús Hernández-Romano[4]** iD

[1]Dirección de Posgrado en Ciencias en Biotecnología, Universidad Politécnica del Estado de Morelos, Jiutepec, Morelos, México. CP.62550. [2]Departamento de Medicina Molecular y Bioprocesos, Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 2001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos. México. CP: 62210. [3]Preparatoria Enrique Cabrera Barroso de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Rio Sabinas 6109, Jardines de San Manuel, Puebla, Puebla, México. CP.7257. [4]Dirección de Ingeniería en Tecnología Ambiental y Biotecnología, Universidad Politécnica del Estado de Morelos, Jiutepec, Morelos, México. CP.62550.

Email de autores para correspondencia: *rivelinoj70@gmail.com; **jhernandez@upemor.edu.mx

Recibido: 21 septiembre 2025. **Aceptado:** 26 junio 2026

RESUMEN

Las pandemias han sucedido a lo largo de la historia de la humanidad, las cuales han sido provocadas por agentes infecciosos como: bacterias y virus, en este trabajo describimos las pandemias que fueron provocadas por virus como: la peste Antonina (virus de la viruela), la gripe española (virus de la influenza tipo A, subtipo H1N1), la gripe asiática (virus de la influenza tipo A, subtipo H2N2), el SIDA (Virus de Inmunodeficiencia Humana) y el COVID-19 (SARS-CoV-2). Estas pandemias han causado millones de muertes, afectando a distintos niveles en los países, mostrando impactos devastadores y generalizados en desestabilizar los sistemas de salud, provocando pánico y desconfianza en las sociedades, además de causar grandes crisis económicas y sociales. El poder analizar los mecanismos de surgimiento de las pandemias es muy importante para poder concientizar a la población mundial, intercambiar información médica, impartir una educación de calidad, generar nuevos programas de sensibilización sobre las epidemias a todos los niveles: estatal, nacional y mundial. Las agencias del sector salud a nivel mundial, deberán trabajar para mejorar la preparación de los países ante las pandemias con el propósito de prevenirlas en el futuro y trabajar mundialmente con el fin de mejorar la capacitación de los países ante las epidemias mundiales y la humanidad esté lista para enfrentarlas.

Palabras clave: virus; agentes infecciosos; pandemias; humanidad; COVID-19.

CC BY NC SA

ABSTRACT

Pandemics have occurred throughout human history, caused by infectious agents such as bacteria and viruses. In this paper, we describe pandemics caused by viruses, including the Antonine Plague (smallpox virus), the Spanish flu (influenza A virus, subtype H1N1), the Asian flu (influenza A virus, subtype H2N2), AIDS (Human Immunodeficiency Virus), and COVID-19 (SARS-CoV-2). These pandemics have caused millions of deaths, affecting countries to varying degrees, with devastating and widespread impacts that have destabilized health systems, caused panic and mistrust in societies, and triggered major economic and social crises. Analyzing the mechanisms by which pandemics emerge is crucial for raising global awareness, exchanging medical information, providing quality education, and developing new awareness programs regarding epidemics at all levels: local, national, and global. Health agencies worldwide must work to improve countries' preparedness for pandemics in order to prevent them in the future and collaborate globally to enhance countries' capacity to respond to global epidemics, ensuring that humanity is ready to face them.

Keywords: viruses; infectious agents; pandemics; humanity; COVID-19.

INTRODUCCIÓN

La diversidad de los virus

Se ha estimado que la enorme diversidad de los virus es del orden de 10^{31} en la Tierra, de los cuales la mayoría son fagos (virus específicos de bacterias) [1, 2]. Los virus se han convertido en la entidad biológica más abundante, se encuentran colonizando prácticamente todos los ecosistemas de la Tierra y son clasificados según el hospedero que infectan, entre los que se encuentran: animales, plantas, procariontes y arqueobacterias [3]. Los virus podrían ser considerados como parásitos intracelulares obligados, ya que tienen la capacidad de coevolucionar (cambios evolutivos recíprocos entre especies que interactúan, mediados por el proceso de selección natural), con sus hospederos. Los virus presentan material genético ya sea ADN o ARN; aunque su composición química es con base en proteínas, poseen una gran variabilidad en su morfología y tamaño, en la estructura de su genoma y en su ciclo de replicación [4, 5]. Con las características descritas anteriormente, algunos virus son capaces de producir enfermedades. Por ejemplo, en los humanos, si dichas enfermedades se propagan de una región a dos o más países, continentes incluso todo el mundo se generan pandemias. Es decir, las pandemias pueden traspasar fronteras internacionales, perdurando en el tiempo y pueden afectar a un gran número de personas [6]. Las pandemias a lo largo de la historia de la humanidad han

CC BY NC SA

dejado millones de muertes, por ejemplo, se estima que la pandemia de COVID-19 provocó alrededor de 15, 000 000 de decesos según la ONU [7, 8].

Historia de las pandemias provocadas por virus

La peste Antonina

La peste Antonina es considerada como la primera pandemia documentada de la historia, durante el reinado del emperador Marco Aurelio en el año 166 d. C. Una plaga viral que ocurrió en el Imperio Romano; dicha enfermedad infecciosa fue traída de vuelta por las grandes tropas romanas que realizaban campañas en lo que hoy es Irak. La pandemia devastó toda la extensión del Imperio Romano, desde sus fronteras orientales en Irak hasta sus fronteras occidentales en el río Rin y la Galia, países que actualmente son Francia y Alemania occidental (Figuras 1 y 7A). La tasa de mortalidad que provocó esta pandemia fue alta, ocasionando muertes entre campesinos y aristócratas, tanto pobres como ricos [9]. En dicha pandemia, el emperador Marco Aurelio Antonino fue uno de los 5 millones de muertos estimados durante esta enfermedad. Se nombra plaga Antonina, por el nombre completo del emperador romano Marco Aurelio Antonino [9]. Los síntomas que causó esta enfermedad incluyen erupciones cutáneas, pústulas hemorrágicas, diarrea con sangre, fiebre y en algunos casos hemoptisis (expulsión de la sangre a través de la tos), tras una investigación se propuso que posiblemente la enfermedad era causada por el virus de la viruela [8].

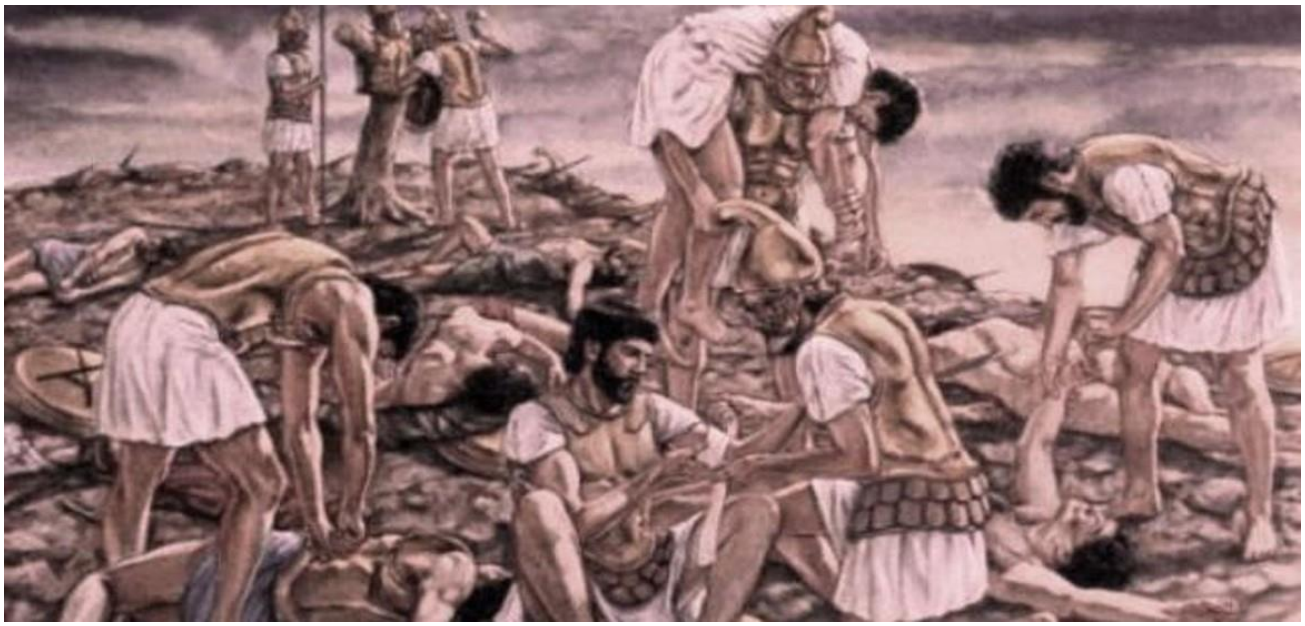


Figura 1. La peste Antonina. Fue originada durante el imperio del emperador Marco Aurelio en el año 166 d. C. Se estima que causó la muerte de 5 millones de personas. Imagen tomada de https://gladiatrixenlaarena.blogspot.com/2017/04/epidemias-en-roma-y-la-plaga-antonina.html

CC BY NC SA

La gripe española

La Primera Guerra Mundial ocurrió en el periodo de 1914-1918. Este conflicto bélico global fue el punto de inflexión que marcó el rumbo del siglo XX. La gripe española ocurrió al final de dicha guerra bajo penosas condiciones epidemiológicas, para unas poblaciones mermadas durante cuatro años de guerra. Cabe recordar que en aquella época no existían antivirales, vacunas, antibióticos, oxígeno, por lo que la humanidad no estaba equipada para luchar contra una pandemia que dejó entre 50 y 100 millones de muertes, sin embargo, las intervenciones como la cuarentena y la higiene personal fueron la clave en la prevención de la enfermedad (Figura 2) [10]. Todo comenzó con múltiples epidemias propagándose entre los jóvenes reclutas en los campos de entrenamiento militar estadounidenses en marzo de 1918. Posteriormente, la gripe se propagó a la población civil y dio la vuelta al mundo dos veces, afectando a la población que vivía en los diferentes países, en las islas más remotas, incluyendo climas tropicales y polares, evolucionando en oleadas sucesivas hasta abril de 1919 (Figura 7B). En la primera oleada, la gripe española tuvo una letalidad del 0.21%, mientras que la segunda oleada mostró una letalidad del 2 al 4%, en la tercera oleada la letalidad se redujo al 1% y finalmente, la gripe española permaneció en fase estacional con una letalidad de 0,1% (Figura 3) [10]. Los pacientes que morían a pocos días de la neumonía tenían un promedio de edad de 20 a 40 años, presentando dificultad respiratoria que ocasiona cianosis, asociada a una sobreinfección bacteriana. La gripe española presenta síntomas en las vías respiratorias superiores, dolor en garganta, tos, faringitis, fiebre, mialgia y postración, además de epistaxis, tanto en casos leves como graves. La enfermedad es un estado grave que presenta dificultad respiratoria, cianosis, edema pulmonar, bronconeumonía y SDRA (Síndrome de Dificultad Respiratoria Aguda), al afectar los pulmones de manera grave, dicho padecimiento produce bajos niveles de oxígeno en sangre [11]. El virus responsable de esta pandemia fue el virus de la influenza tipo A, subtipo H1N1 (nombre otorgado por la hemaglutinina (H) y la neuraminidasa (N), ambas proteínas se encuentran en la superficie del virus). La proteína H se une a los receptores de ácido siálico de la superficie celular del tejido del tracto respiratorio, facilitando la entrada del virus a las células huésped [12].

La gripe asiática

El virus de la influenza A subtipo H2N2 es una cepa viral que causó la pandemia de la gripe asiática en los años 1957-1958, dicho subtipo de virus presenta dos proteínas de su superficie, la hemaglutinina 2 (H2) y la neuraminidasa 2 (N2). El virus de la influenza H2N2 surgió en China en el invierno de 1957, a partir de una cepa de influenza aviar se propagó a los países de Estados Unidos, Inglaterra, Escocia y Suecia en solo algunos meses (Figura 4) [8]. La propagación viral fue rápida por todo el mundo debido a que las personas enfermas se trasla-

CC BY NC SA



Figura 2. La gripe española originada en los años 1918-1919, se estima que causó la muerte de 50 a 100 millones de personas. Soldados convalecientes por la gripe española en Kansas campamento Funston en marzo de 1918. Imagen tomada de https://www.scientificamerican.com/article/the-1918-flu-faded-in-our-collective-memory-we-might-forget-the-coronavirus-too/

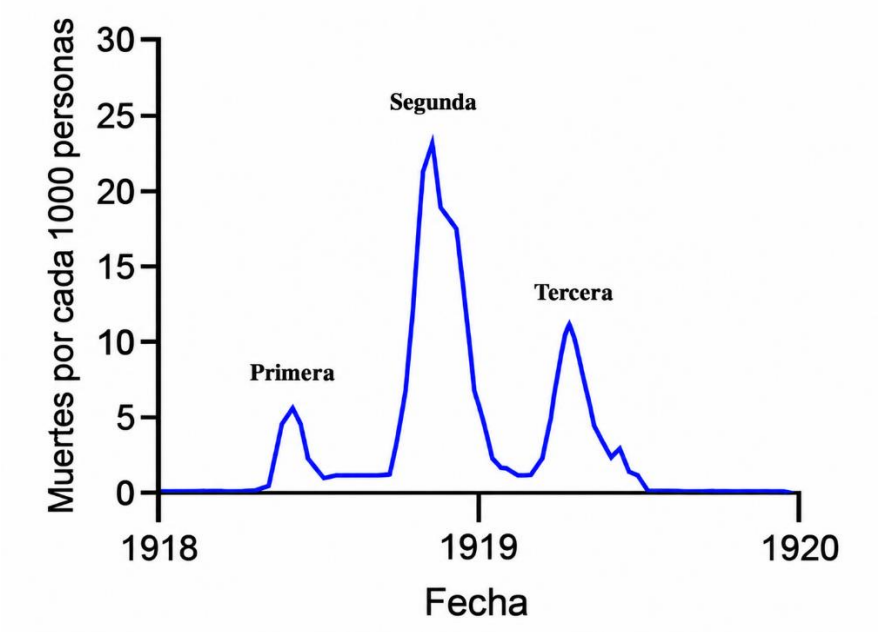


Figura 3. La gripe española. Cinéticas de las tres oleadas en el mundo. Imagen modificada de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0755498222000203?via%3Dihub

CC BY NC SA



Figura 4. La gripe asiática originada en los años 1957-1958, se estima que causó la muerte de 1 millon de personas. La pandemia afectó especialmente a niños, adolescentes y adultos jóvenes. Imagen tomada de https://www.abc.es/historia/abci-olvidada-gripe-asiatica-1957-puso-prueba-sistema-sanitario-mundial-millon-muertos-202003050111_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F

daban a través de los barcos, aviones y trenes, en el mes de abril en Hong Kong generó una epidemia, donde fueron infectadas 250,000 personas y para junio la India había registrado más de un millón de casos. En septiembre ya existían brotes en Inglaterra, Gales y Escocia (Figura 7C). Los médicos de aquel entonces se sorprendieron por la infectividad de la enfermedad y la velocidad con la que arremetió a los grupos de edad más jóvenes [13]. El virus provocó en las personas enfermas los síntomas de fiebre, escalofríos o mialgia (dolor que afecta varios músculos del cuerpo), para cuando se puso fin a la pandemia en el mes de abril de 1958, habían muerto más de un millón de personas en todo el mundo, se estima que tan solo en Inglaterra habían muerto 20000 personas y en los Estados Unidos hubo 80000 muertos [13].

La pandemia del SIDA

El virus de la inmunodeficiencia humana o VIH (Figura 5), fue originado a partir de un virus similar al que se encuentra presente en los chimpancés conocido como VIS (Virus de Inmunodeficiencia Símica), se ha llegado a pensar que el VIH pasó a los humanos por medio de la caza y el contacto con la sangre infectada de dichos simios, posiblemente a finales del siglo XIX o a principios del siglo XX en África central (Figura 7D). El VIH, ha causado la muerte de 36 millones de personas, manteniendo una prevalencia actual de alrededor de 36 millones en todo el mundo [14]. El VIH/SIDA (Síndrome de inmunodeficiencia

CC BY NC SA

Adquirida), es considerada como la fase más avanzada de la infección viral, en la cual el virus ataca y destruye los linfocitos T CD4+ del sistema inmune, estas células están encargadas de combatir infecciones estimulando a otras células inmunitarias, como: linfocitos B y macrófagos para combatir los patógenos a los que nos encontramos expuestos constantemente [15].

El VIH/SIDA, se ha convertido en un enorme desafío para la salud mundial [16], aunque el virus es controlable por medio de un constante tratamiento antirretroviral (TAR), la curación total del VIH es poco probable, ya que además son necesarios tratamientos como: la quimioterapia intensiva, la radioterapia corporal total y el trasplante de médula ósea de un donante el cual presenta una mutación homocigótica en el gen CCR5, inhibiendo la expresión de la proteína CCR5 en la superficie celular, confiriendo resistencia a la infección por cepas de VIH o dicho en otras palabras, estas personas, son generalmente resistentes a ciertas cepas del VIH que emplean la proteína CCR5 para entrar en las células y poder realizar la infección viral [17]. Con todo lo anteriormente descrito, se ha llegado a plantear que la eliminación de las células que expresan CCR5 sería una de las bases de una curación completa [18, 19].

Es primordial la intervención epidemiológica y la salud pública global, para poner fin a la pandemia provocada por el VIH, en el año 2014, el programa conjunto de las naciones unidas, sobre el VIH/SIDA o ONUSIDA, estableció un objetivo de tratamiento 90-90-90 para el VIH, lo cual quiere decir que el 90 % de los infectados deberían tener la infección diagnosticada, mientras que el 90 % de los diagnosticados recibiría el tratamiento antirretroviral y finalmente el 90 % de los que reciben dicho tratamiento debería lograr la supresión viral [20].

Se conoce que la mayoría de los afectados son asintomáticos, entre 40 % y 90 % pueden presentar un síndrome retroviral agudo en un rango de 2 a 6 semanas después de la exposición al virus, mostrando un cuadro clínico como: fiebre, pérdida de peso, fatiga, dolor en garganta, linfadenopatía (inflamación de los ganglios linfáticos), mialgia (dolores musculares que pueden afectar ligamentos, tendones y fascia), náuseas, cefalea (dolor de cabeza) y diarrea. También se pueden percibir: trombocitopenia (recuento bajo de plaquetas), leucopenia (recuento bajo de leucocitos), meningitis aséptica (inflamación de las membranas que cubren el cerebro y la médula espinal), enfermedad similar a la mononucleosis (exceso de monocitos en la sangre) e infecciones oportunistas [21].

La pandemia de SARS-CoV-2

El virus que provocó la pandemia más reciente en la humanidad es el coronavirus SARS-CoV-2 (Figura 6), dicha pandemia inició en diciembre 2019 y terminó el 5 de mayo 2023, los reportes que hablan sobre los primeros casos de neumonía atípica, fueron de un grupo de pacientes en la región de Wuhan, provincia de Hubei, China (Figura 7E), dicho coronavirus

CC BY NC SA

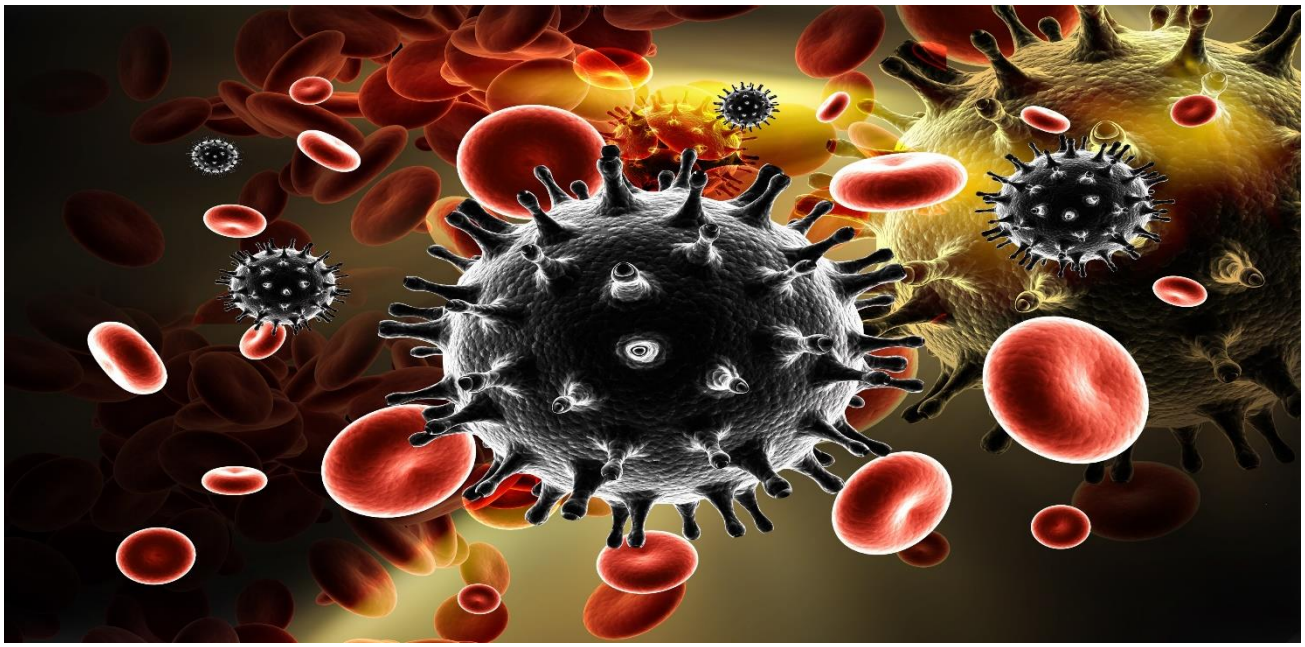


Figura 5. La pandemia del virus HIV. Desde su inicio se estima que han muerto 42.3 millones de personas a causa de enfermedades relacionadas con el SIDA. Imagen tomada de https://www.ox.ac.uk/news/2014-10-03-hiv-pandemics-origins-located

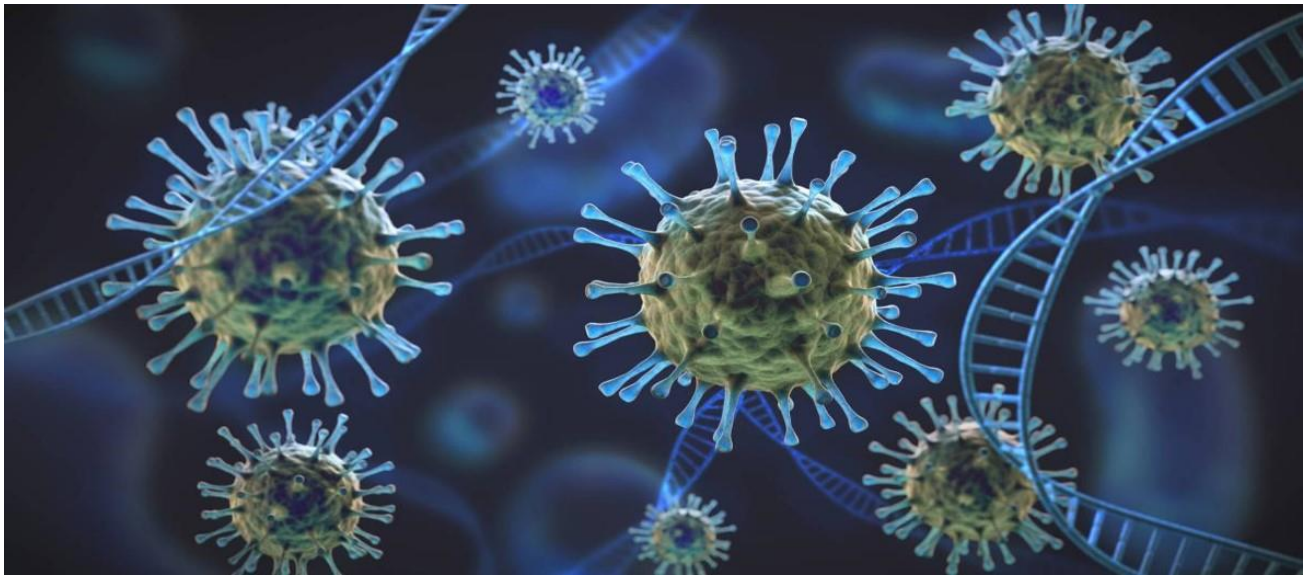


Figura 6. La pandemia del SARS-Cov-2. Desde su inicio se estima que han muerto 1-5 millones de personas a causa de la enfermedad COVID-19. El coronavirus es el virus que desencadeno la pandemia más reciente en la historia de la humanidad. La imagen muestra varios coronavirus y fue tomada de https://www.eltiempo.com/mundo/mas-regiones/cinco-anos-de-covid-19-las-lecciones-y-desafios-de-la-peor-pandemia-del-ultimo-siglo-3413341

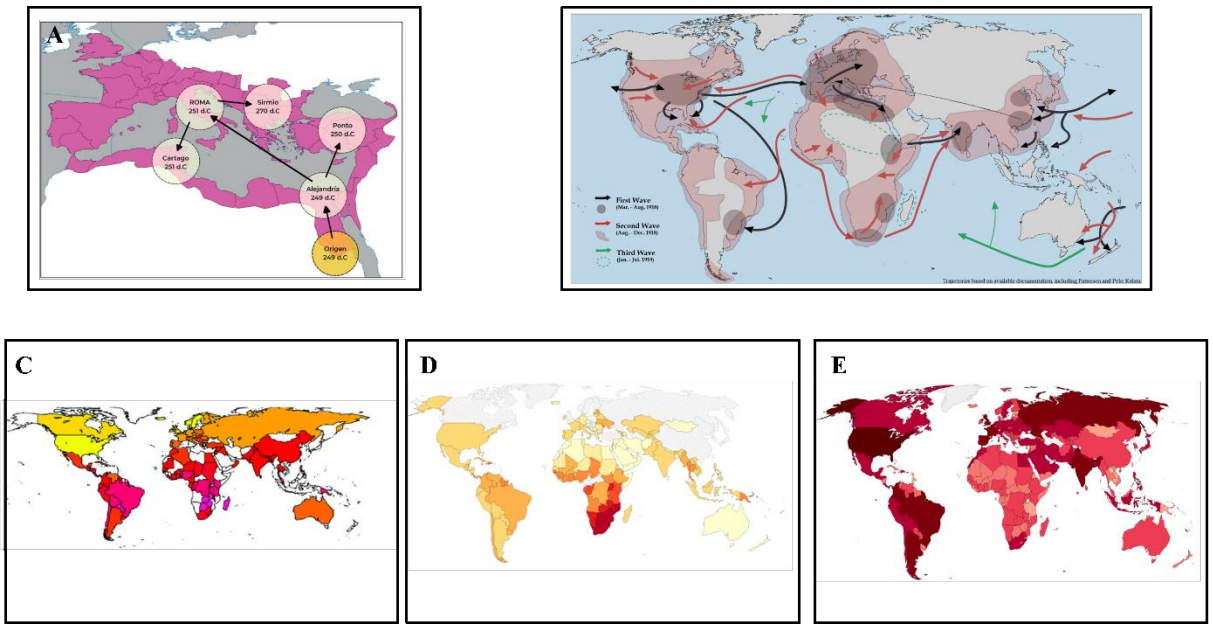


Figura 7. Distribución geográfica de las pandemias. A) Peste antonina. B) Gripe española. C) Gripe asiática. D) VIH. E) COVID-19. Mapas obtenidos de la web mediante la herramienta de IA Grok (xAI, 2024).

fue capaz de infectar a más de 36.5 millones de personas, cobrando más de un millón de vidas en todo el planeta, hasta el 8 de octubre de 2020 [22]. La enfermedad provocada por el SARS-CoV-2 se llama COVID-19 [23]. Se propuso que los osos hormigueros escamosos o pangolines podrían ser los huéspedes animales que transmitieron el virus a los humanos [24]. La infección por este coronavirus fue asintomática en 40% de los casos o provocó un gran número de enfermedades que van desde síntomas leves hasta síntomas eventualmente mortales [25]. Los síntomas que se pueden llegar a presentar en las personas infectadas son: fiebre, tos seca, dificultad para la respiración, fatiga, mialgia, náuseas o diarrea, cefalea, debilidad, rinorrea, anosmia (pérdida total del sentido del olfato) y ageusia (pérdida completa de la capacidad para detectar sabores). Las complicaciones comunes en los pacientes hospitalizados abarcan neumonía, lesión hepática aguda (pérdida rápida de la función del hígado), lesión cardíaca, coagulopatía protrombótica (propensión anormal a formar coágulos en los vasos sanguíneos), lesión renal aguda y manifestaciones neurológicas, mientras que en los pacientes críticos pueden desarrollar el síndrome de activación macrofágica (macrófagos) [7, 26]. Entre el 60 y el 90% de los pacientes hospitalizados con comorbilidades (más enfermedades en un mismo individuo) como: hipertensión, diabetes, enfermedad cardiovascular, enfermedad pulmonar crónica, enfermedad renal crónica, neoplasias malignas (tipos de cáncer) y enfermedad hepática crónica presentan un cuadro de síntomas más severo [26]. Mientras

CC BY NC SA

que en el 80% de los casos confirmados por laboratorio presentaron síntomas leves, entre el 14-19% de los pacientes fueron hospitalizados, el 3-5% de los casos requirieron un ingreso a la unidad de cuidados intensivos (UCI) debido a la insuficiencia respiratoria hipoxémica, y el 29% de los casos necesitaron ventilación mecánica invasiva. La mortalidad por COVID-19 en personas hospitalizadas fue del 15-20%, y en casos de UCI hasta del 40%. Además, la mortalidad varió según la edad: 0.02% de 20-49 años, 0.5% de 50-69 años y más del 5.4% en mayores de 80 años [7].

La implementación de medidas que se efectuaron en la mayoría de los países fue: distanciamiento físico, lavado de manos, uso de mascarillas y protocolo al toser, identificación de grupos (identificación de casos, rastreo de contactos y el aislamiento), las medidas regulatorias (cierre de escuelas, cierre de lugares de trabajo, confinamiento domiciliario, cierre y restricción del transporte público, cierre de fronteras internas e internacionales, restricciones de viaje y cuarentena forzada). Lo estratégico de dichas medidas de salud pública fue el poder retrasar y aplanar la curva epidémica, evitando la saturación del sistema de salud y protegiendo a las personas con mayor riesgo de sufrir un final grave, antes de la disposición de vacunas, así como de tratamientos seguros y eficientes [7].

El origen de las vacunas comenzó cuando la administración de alimentos y medicamentos o FDA (por sus siglas en inglés, Food and Drug Administration) de los estados unidos, autorizó la primera vacuna cimentada en una nueva plataforma formada por ARNm (ARN mensajero), el cual codifica para la proteína de la espícula del virus, dicha vacuna fue desarrollada por la colaboración de las empresas Pfizer/BioNTech. Posteriormente surgieron otras vacunas formadas por virus completos inactivados, vectores virales recombinantes no replicativos, proteínas de la espícula recombinantes y partículas similares a virus se encuentran en las últimas fases de investigación clínica [7, 27]. La aplicación del fármaco remdesivir, un antiviral utilizado en un principio para el tratamiento del virus del Ébola, se autorizó por la FDA para su uso de emergencia en el tratamiento de pacientes hospitalizados por COVID-19, los cuales utilizaban oxígeno suplementario. La organización mundial de la salud (OMS) recomendó el medicamento antiinflamatorio llamado dexametasona para ser utilizado en los pacientes críticos con COVID-19 [7, 28].

Estrategias para enfrentar las próximas pandemias

Las pandemias generadas por patógenos: (bacterias y virus) se propagaron en los inicios de la humanidad, a través de rutas comerciales y militares. Después, la propagación geográfica de dichos patógenos continuó moviéndose conforme lo hacía la población humana, por medio de viajes en ferrocarriles, barcos y aviones. Actualmente la globalización de los viajes, así como el comercio de animales y alimentos de origen animal, acrecentaron la propagación de las enfermedades infecciosas y

CC BY NC SA

la velocidad con la que se transmiten por todo el mundo [7].

Los usos del suelo y el constante aumento de la urbanización para adecuar la agricultura y las áreas de vivienda modificaron los hábitats de los patógenos, huéspedes, vectores de enfermedades, virus, alterando la dinámica de transmisión de las infecciones a humanos. El efecto del cambio climático también contribuyó y seguirá haciéndolo, alterando la distribución geográfica de los virus, vectores y huéspedes de enfermedades, así como los hábitats de los microorganismos y virus, lo cual podría verse reflejado en el aumento potencial de la propagación de patógenos. El incremento de los contactos entre humanos y animales por medio de la crianza, la cacería, la presencia de mercados de animales vivos y los comercios de mascotas exóticas, puede favorecer el riesgo de propagación de patógenos zoonóticos (enfermedades que ocurren en animales y son transmitidas a personas en condiciones naturales). Por lo cual, la diseminación de las enfermedades infecciosas puede ser mayor debido a las actividades humanas y sus efectos sobre el medio ambiente. Desafortunadamente las epidemias (son enfermedades que son propagadas rápida y activamente aumentando el número de casos, manteniéndose en un área geográfica concreta) y las pandemias también ocurrirán con mayor frecuencia, representando nuevos desafíos para la salud pública y la humanidad [7].

La OMS ha puesto en funcionamiento un programa de agua potable, saneamiento e higiene (WASH) para países en desarrollo con el objetivo de prevenir enfermedades que puedan ser transmitidas por bacterias y virus que viven en sistemas acuáticos [29]. El cual aborda el suministro de fuentes de aguas limpias y seguras, con una infraestructura de saneamiento eficaz, garantizando prácticas de higiene adecuadas. El WASH incrementa el acceso al agua potable, servicios de saneamiento seguros en el empleo de instalaciones básicas para el lavado de manos con agua y jabón en el hogar de la población mundial [7]. Las zoonosis generadas por virus son una amenaza muy grave para la salud pública, debido a que los virus fueron el origen de las pandemias más recientes, generando incluso la primera pandemia documentada en la historia, que data del año 166 d.C., en donde se originó la peste Antonina provocada posiblemente por el virus de la viruela. Que impresionante resulta el hecho de que los virus no tengan vida propia, aunque presentan un material genético y evolucionan a lo largo de los años, el hecho es que carecen de las características esenciales de la vida, como son la capacidad de reproducirse de manera independiente o llevar a cabo su propio metabolismo, sin embargo al encontrar un hospedero adecuado, son capaces de utilizar la maquinaria celular para la generación de su propia descendencia la cual será o no letal para el hospedero al cual invadieron [30].

Actualmente es fundamental evaluar el riesgo de la transmisión de los virus de otras especies animales a humanos, la diversidad viral asociada a una especie animal podría predecir el potencial zoonótico de los virus de

CC BY NC SA

mamíferos [31]. Se conoce que la transmisión interespecífica de virus de mamíferos incrementa con respecto a la proximidad filogenética entre hospedadores y humanos. Los virus que atacan una gama filogenéticamente más amplia de hospederos tienen más posibilidad de ser zoonóticos, el poder identificar la diversidad de virus en especies clave de fauna silvestre contribuirá a disminuir el tiempo entre la detección y la respuesta durante un brote [32]. El proyecto del viroma se generó para detectar e identificar amenazas virales para la salud humana, caracterizando los diferentes hospederos de virus, detectando patrones de comportamientos que favorezcan la propagación, generando una red global de vigilancia para caracterizar marcadores de transmisión y patogenicidad en virus de alto riesgo [33, 34]. Considerando que la mayoría de las enfermedades infecciosas emergentes tienen un origen zoonótico, la secuenciación metagenómica de nueva generación (mNGS), se ha empleado para reconocer etiologías infecciosas poco comunes y nuevas, así como para identificar la diversidad viral en muestras humanas, animales y ambientales [34]. Los análisis de secuenciación metagenómica viral de nueva generación de hisopados nasales (es una prueba para identificar bacterias y virus que causan infecciones respiratorias) y faríngeos de individuos con riesgo de infecciones zoonóticas, contribuyeron para incrementar la detección de nuevos virus y la caracterización del viroma respiratorio de humanos expuestos a animales [35].

Actualmente se desconoce la época, el momento preciso y el patógeno que provocará la próxima pandemia, es decir, son impredecibles, por lo que los planes de preparación para futuras pandemias destacan que las intervenciones no farmacéuticas deberán implementarse primero para poder controlar la transmisión del patógeno entre personas (Figura 8). Lo que plantea que estas intervenciones deberían controlar debidamente la propagación de la infección, disminuyendo al mismo tiempo las perturbaciones sociales y económicas, junto con el rastreo de contactos y el apartamiento de personas infectadas, para una respuesta más eficiente [36]. Será fundamental desarrollar intervenciones farmacéuticas como pruebas diagnósticas rápidas en el punto de atención [37], biomarcadores para la estratificación de la enfermedad [38], el uso de antivirales de amplio espectro obtenidos mediante la reutilización de fármacos *in silico* [39] o por medio del uso de fármacos dirigidos a células hospederas [40]. El desarrollo y producción de nuevas vacunas deben impulsarse para mejorar la respuesta global a la pandemia [41].

CONCLUSIONES

Se estima que hay alrededor de 10^{31} virus en la Tierra de los cuales la mayoría son fagos (virus específicos de bacterias), la enorme diversidad de los virus en el mundo es sorprendente y esto los ha convertido en la entidad biológica más abundante sobre este planeta, con miles de tipos conocidos y posiblemente en el futuro con millones por descubrirse, se encuentran

CC BY NC SA

prácticamente en todos los ecosistemas de la Tierra y están clasificados según el hospedero al que infectan como: humanos, animales, plantas, bacterias, etc. Los virus presentan una estructura genética de ADN o ARN; una diversidad en su tamaño y morfología. Estas interesantes características han convertido a los virus en agentes infecciosos para prácticamente todos sus hospederos, particularmente en los humanos han sido capaces de generar diversas enfermedades, siendo algunas de estas masivas, las cuales han generado pandemias que han cobrado la vida de millones de personas a lo largo de la existencia de la humanidad.

A medida que se empleen, mejoren las políticas y los sistemas de salud de los diferentes países en el mundo, se podrá concientizar la población mundial, intercambiando información médica, científica para generar nuevos programas de sensibilización sobre las pandemias a todos los niveles: estatal, nacional y mundial, con todo esto el sector salud a nivel mundial deberá trabajar para mejorar la preparación de los países ante pandemias con el fin de prevenir futuras pandemias y la humanidad esté preparada para enfrentarlas. Aunado a todo lo anterior se deben desarrollar intervenciones farmacéuticas incluyendo pruebas de diagnóstico rápidas en el punto de atención, la generación de biomarcadores para la estratificación de las enfermedades, la generación de nuevos fármacos antivirales de amplio espectro, así como el desarrollo de nuevas plataformas para la producción de nuevas vacunas ayudando a mejorar la respuesta global a la pandemia.



Figura 8. Estrategias para enfrentar futuras pandemias. Hay varias estrategias entre las cuales esta las intervenciones farmacéuticas como pruebas diagnósticas rápidas en el punto de atención, biomarcadores para la estratificación de la enfermedad, etc. La imagen fue tomada de https://gacetamedica.com/investigacion/diez-estrategias-para-luchar-ante-nuevas-posibles-pandemias-segun-la-industria/

CC BY NC SA

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran la ausencia de conflicto de interés.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la SECIHTI (Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación) por el apoyo de las becas posdoctorales otorgadas, lo que nos hizo posible seguir en el camino de las ciencias. Agradecemos a la Universidad Politécnica del Estado de Morelos (Upemor) por su invaluable apoyo. También agradecemos al Mtro. Juan Manuel Hurtado Ramírez, Ing. Roberto P. Rodríguez Bahena, al Mtro. Servando Aguirre Cruz y al Mtro. Arturo Ocádiz Ramírez por sus servicios informáticos. De igual manera agradecemos a Shirley Ainsworth por sus servicios bibliográficos.

REFERENCIAS

[1]. Hendrix RW, Smith MCM, Burns RN, Ford ME, Hatfull GF. Evolutionary relationships among diverse bacteriophages and prophages: All the world's a phage. Proc Natl Acad Sci U S A. 1999;96(5):2192–7. Disponible en: https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.96.5.2192

[2]. Mushegian AR. Are There 10^{31} Virus Particles on Earth, or More, or Fewer? J Bacteriol. 2020;202(9). Disponible en: https://journals.asm.org/doi/full/10.1128/jb.00052-20

[3]. Lozach PY. Cell biology of viral infections. Cells. 2020;9(11):2431. Disponible en: https://www.mdpi.com/2073-4409/9/11/2431

[4]. Koonin E V., Dolja V V., Krupovic M. The logic of virus evolution. Cell Host Microbe. 2022;30(7):917–29. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.chom.2022.06.008

[5]. Hoenen T, Groseth A. Virus – Host cell Interactions. Cells. 2022;11(5):804. Disponible en: https://www.mdpi.com/2073-4409/11/5/804

[6]. Singer BJ, Thompson RN, Bonsall MB. The effect of the definition of 'pandemic' on quantitative assessments of infectious disease outbreak risk. Sci Rep. 2021;11(1):1–13. Disponible en: https://doi.org/10.1038/s41598-021-81814-3

[7]. Piret J, Boivin G. Pandemics Throughout History. Front Microbiol. 2021;11:631736. Disponible en: https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2020.631736/full

[8]. Sampath S, Khedr A, Qamar S, Tekin A, Singh R, Green R, *et al*. Pandemics Throughout the History. Cureus. 2021; 13(9): e18136. Disponible en: https://www.cureus.com/articles/69273-pandemics-throughout-the-history#!/

[9]. Fears JR. The plague under Marcus Aurelius and the decline and fall of the Roman Empire. Infect Dis Clin North Am. 2004;18(1):65–77. Disponible en: https://www.id.theclinics.com/article/S0891-5520(03)00089-8/abstract

[10]. Berche P. The Spanish flu. Press

CC BY NC SA

Medicale. 2022;51(3). Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0755498222000203

[11]. Jester B, Uyeki TM, Jernigan DB, Tumpey TM. Historical and clinical aspects of the 1918 H1N1 pandemic in the United States. Virology. 2019;527:32–7. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.virol.2018.10.019

[12]. De Jong MD, Hien TT. Avian influenza A (H5N1). J Clin Virol. 2006;35(1):2–13. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1386653205002404

[13]. Honigsbaum M. Revisiting the 1957 and 1968 influenza pandemics. Lancet. 2020;395(10240):1824–6. Disponible en: https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736%2820%2931201-0/fulltext

[14]. Piot P, Bartos M, Ghys PD, Walker N, Schwartländer B. The global impact of HIV/AIDS. Nature. 2001;410(6831):968–73. Disponible en: https://www.nature.com/articles/35073639

[15]. Luckheeram RV, Zhou R, Verma AD, Xia B. CD4^{+}T cells: Differentiation and functions. Clin Dev Immunol. 2012;2012. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2012/925135

[16]. Chen Y, Li AD, Yang Y, Lu J, Xu Y, Ji X, *et al*. Global, regional and national burden of HIV/AIDS among individuals aged 15-79 from 1990 to 2021. AIDS Res Ther. 2025;22(51):1-11. Disponible en: https://link.springer.com/article/10.1186/s12981-025-00745-5

[17]. Lopalco L. CCR5: From natural resistance to a new anti-HIV strategy. Viruses. 2010;2(2):574–600. Disponible en: https://www.mdpi.com/1999-4915/2/2/574

[18]. Yukselten Y, Wishah H, Li JA, Sutton RE. Targeting CCR5: A central approach to HIV treatment and cure strategies. Virology. 2025;603:110375. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.virol.2024.110375

[19]. Ananworanich J, Mellors JW. A cure for HIV: What will it take? Curr Opin HIV AIDS. 2015;10(1):1–3. Disponible en: https://www.ovid.com/jnls/co-hivandaids/abstract/10.1097/coh.0000000000000125~a-cure-for-hiv-what-will-it-take?redirectionsource=fulltextview

[20]. Eisinger RW, Fauci AS. Ending the HIV/AIDS pandemic. Emerg Infect Dis. 2018;24(3):413–6. Disponible en: https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/24/3/17-1797_article

[21]. Kassutto S, Rosenberg ES. Primary HIV type 1 infection. Clin Infect Dis. 2004;38(10):1447–53. Disponible en: https://academic.oup.com/cid/article-abstract/38/10/1447/347075

[22]. Sharma A, Farouk IA, Lal SK. COVID-19: A Review on the Novel Coronavirus Disease Evolution, Transmission, Detection, Control and Prevention. Viruses. 2021;13(2):202. Disponible en: https://www.mdpi.com/1999-4915/13/2/202

[23]. Zhu N, Zhang D, Wang W, Li X, Yang B, Song J, *et al*. A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. N

CC BY NC SA

Engl J Med. 2020;382(8):727–33. Disponible en: https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nEJMoa2001017

[24]. Lam TTY, Jia N, Zhang YW, Shum MHH, Jiang JF, Zhu HC, *et al.* Identifying SARS-CoV-2-related coronaviruses in Malayan pangolins. Nature. 2020;583(7815):282–5. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1038/s41586-020-2169-0

[25]. Wiersinga WJ, Rhodes A, Cheng AC, Peacock SJ, Prescott HC. Pathophysiology, Transmission, Diagnosis, and Treatment of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): A Review. JAMA - J Am Med Assoc. 2020;324(8):782–93. Disponible en: https://www.ovid.com/journals/jama/abstract/10.1001/jama.2020.12839~pathophysiology-transmission-diagnosis-and-treatment-of?redirectionsource=fulltextview

[26]. Richardson S, Hirsch JS, Narasimhan M, Crawford JM, McGinn T, Davidson KW, *et al*. Presenting Characteristics, Comorbidities, and Outcomes among 5700 Patients Hospitalized with COVID-19 in the New York City Area. JAMA - J Am Med Assoc. 2020;323(20):2052–9. Disponible en: https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2765184/

[27]. Batty CJ, Heise MT, Bachelder EM, Ainslie KM. Vaccine formulations in clinical development for the prevention of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 infection. Adv Drug Deliv Rev. 2021;169:168–89. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.addr.2020.12.006

[28]. Agarwal A, Hunt BJ, Stegemann M, Rochwerg B, Lamontagne F, Siemieniuk RA, *et al*. A living WHO guideline on drugs for covid-19. Bmj. 2020;370:m3379. Disponible en: https://www.bmj.com/content/370/bmj.m3379

[29]. Matilla F, Velleman Y, Harrison W, Nevel M. Animal influence on water, sanitation and hygiene measures for zoonosis control at the household level: A systematic literature review. PLoS Negl Trop Dis. 2018;12(7):1–30. Disponible en: https://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.0006619

[30]. Forterre P. The origin of viruses and their possible roles in major evolutionary transitions. Virus Res. 2006;117(1):5–16. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168170206000293?via%3Dihub

[31]. Olival KJ, Hosseini PR, Zambrana-Torrelio C, Ross N, Bogich TL, Daszak P. Host and viral traits predict zoonotic spillover from mammals. Nature. 2017;546(7660):646–50. Available from: http://dx.doi.org/10.1038/nature22975

[32]. Epstein JH, Anthony SJ. Viral discovery as a fool for pandemic preparedness. OIE Rev Sci Tech. 2017;36(2):499–512. Disponible en: https://doc.woah.org/dyn/portal/index.xhtml?page=alo&aloId=35303

[33]. Jonas O, Seifman R. Do we need a Global Virome Project? Lancet Glob Heal. 2019;7(10):e1314–6. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X(19)30335-3

CC BY NC SA

[34]. Kwok KTT, Nieuwenhuijse DF, Phan MVT, Koopmans MPG. Virus metagenomics in farm animals: A systematic review. Viruses. 2020;12(1):1–22. Disponible en: https://www.mdpi.com/1999-4915/12/1/107

[35]. Kha Tu NT, Thu Hong NT, Han Ny NT, Phuc TM, Thanh Tam PT, van Doorn HR, *et al*. The virome of acute respiratory diseases in individuals at risk of zoonotic infections. Viruses. 2020;12(9):960. Disponible en: https://www.mdpi.com/1999-4915/12/9/960

[36]. Teixeira R, Doetsch J. The multifaceted role of mobile technologies as a strategy to combat COVID-19 pandemic. Epidemiol Infect. 2020; 148: e244. Disponible en: https://www.cambridge.org/core/journals/epidemiology-and-infection/article/multifaceted-role-of-mobile-technologies-as-a-strategy-to-combat-covid19-pandemic/AB77C1AD33F19AA254B4B9DD149AA463

[37]. Hussein HA, Hassan RYA, Chino M, Febbraio F. Point-of-care diagnostics of covid-19: From current work to future perspectives. Sensors (Switzerland). 2020;20(15):4289. Disponible en: https://www.mdpi.com/1424-8220/20/15/4289

[38]. Maertzdorf J, McEwen G, Weiner J, Tian S, Lader E, Schriek U, *et al*. Concise gene signature for point-of-care classification of tuberculosis. EMBO Mol Med. 2016;8(2):86–95. Disponible en: https://link.springer.com/article/10.15252/emmm.201505790

[39]. Mangione W, Falls Z, Melendy T, Chopra G, Samudrala R. Shotgun drug repurposing biotechnology to tackle epidemics and pandemics. Drug Discov Today. 2020;25(7):1126–8. Available from: https://doi.org/10.1016/j.drudis.2020.05.002

[40]. Lee SMY, Yen HL. Targeting the host or the virus: Current and novel concepts for antiviral approaches against influenza virus infection. Antiviral Res. 2012;96(3):391–404. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.antiviral.2012.09.013

[41]. Rauch S, Jasny E, Schmidt KE, Petsch B. New vaccine technologies to combat outbreak situations. Front Immunol. 2018; 9: fimmu.2018.01963. Disponible en: https://www.frontiersin.org/journals/immunology/articles/10.3389/fimmu.2018.01963/full