

De la Geomedicina al Paisaje Epidemiológico: caso COVID-19 en México

From Geomedicine to the Epidemiological Landscape: COVID-19 in Mexico

Luis Alberto Olvera-Vargas^{1*}, Alba Adriana Vallejo Cardona², y Yair Romero-Romero¹

¹ Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) comisionado al Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ). Av. Normalistas 800 Colinas de La Normal, Guadalajara, Jalisco, México. C.P. 44270.

² Área de Biotecnología Médica y Farmacéutica del Centro de Investigación y Asistencia en Diseño y Tecnología del Estado de Jalisco (BMF-CIATEJ). Av. Normalistas 800 Colinas de La Normal, Guadalajara, Jalisco, México. C.P. 44270.

* Autor de correspondencia: Luis Alberto Olvera-Vargas, lolvera@ciatej.mx

Palabras clave:

COVID-19, geotecnologías, pandemia, territorio, salud

Keywords:

COVID-19, geotechnologies, pandemic, territory, health

Resumen

La COVID-19, enfermedad causada por el virus SARS-CoV-2, se detectó en diciembre del 2019 en la provincia de Wuhan, al oriente de China. Fue responsable de más de 35 millones de muertes en el mundo y más de 2,000 millones de personas se enfermaron. En México, el primer caso fue el 21 de febrero de 2020 y a cinco años del primer reporte, la enfermedad dejó cientos de miles de fallecidos en el país. La COVID-19 tuvo una carga espacial muy importante, ya que es una enfermedad infecciosa con alta contagiosidad, además de tener una etapa asintomática muy significativa. Se realizó un análisis del paisaje epidemiológico de transmisión y propagación con métodos geográficos a nivel nacional. Los resultados muestran que la propagación de la COVID-19 estuvo relacionada con la movilidad de la población que, a pesar del distanciamiento social, en todos los municipios de México se reportaron casos.

Abstract

COVID-19, disease caused by the SARS-CoV-2 virus, was detected in December 2019 in Wuhan Province, eastern China. It was responsible for more than 35 million deaths worldwide and more than 2 billion people became ill. In Mexico, the first case was reported on February 21, 2020, and five years after the first report, the disease had left hundreds of thousands of deaths in the country. COVID-19 had a very significant spatial burden, as it is a highly contagious infectious disease, in addition to having a significant asymptomatic phase. An analysis of the epidemiological landscape of transmission and spread was conducted using geographic methods at the national level. The results show that the spread of COVID-19 was related to population mobility, which, despite social distancing, resulted in cases being reported in all municipalities in Mexico.

Recibido: 24 de marzo 2025

Revisado: 06 de mayo 2025

Aceptado: 06 de junio 2025

Publicado: 21 de julio 2025



Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia CC BY-NC-SA 4.0. Para ver una copia de esta licencia visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Introducción

El 31 de diciembre de 2019 se informó a la oficina de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en China de varios casos de neumonía de etiología desconocida en la ciudad de Wuhan, provincia de Hubei al oriente de China. Estas detecciones hicieron que el gobierno chino realizara investigaciones etiológicas para identificar la causa de esta neumonía atípica. La sintomatología se manifestaba por fiebre, tos y disnea; sin embargo, las radiologías de tórax presentaban un patrón de opacidades pulmonares bilaterales diferentes a la de una neumonía común (Zapatero Gavira A., & Barba Martín R, 2023; Adarve Castro et al., 2021). El 3 de enero de 2020 se cuantificaron 44 pacientes con la misma sintomatología, algunos de ellos eran comerciantes o vendedores del mercado de marisco de Huanan, indicando que podría existir un vínculo con la exposición a animales (World Health Organization [WHO], 2020). A esta neumonía atípica la OMS la nombró como coronavirus de 2019 (2019-nCoV), y el 11 de febrero la OMS y el Comité Internacional de Taxonomía de Virus identificó al coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo grave (SARS-CoV-2) como el causante de la enfermedad, la cual finalmente se denominó como COVID-19 (Sun et al., 2020; Gorbalenya et al., 2020).

Desde los primeros casos hasta la primera quincena de enero, la COVID-19 solo se reportaba en algunas provincias de China. Fue el 13 de enero de 2020 cuando se reportó el primer caso en Tailandia, tres días después se reportó en Japón y el 21 de enero se detectaron los primeros casos en República de Corea, Taiwan y Estados Unidos (Seattle); todos los casos fueron importados de Wuhan. El 30 de enero, cuando el virus se reportaba en 8 234 personas de 22 países, la OMS decidió catalogar a la COVID-19 como una emergencia de salud pública de importancia internacional (Dong et al., 2020; GitHub, 2020; WHO, 2020). En los meses subsiguientes, el virus se propagó extensamente por el mundo. En febrero, la COVID-19 se reportaba en 62 países con 86 000 contagios, 93% de los casos en China, 1.3% en Europa y 0.1% en la región de las Américas; en marzo del 2020 ya se reportaba en 180 países con 872 000 contagios, 56 % en Europa, 21.7% en América y 21.3% en Asia y Oceanía. En abril se acumulaban 3.2 millones de personas contagiadas en 187 países, para mayo había 6.1 millones de casos en 188 países, junio con 10.4 millones de personas y julio con 17.5 millones de contagios por la COVID-19 (Figura 1). En el mes de septiembre de 2020 se llegó hasta los 23.6 millones de casos (Dong et al., 2020; GitHub, 2020).

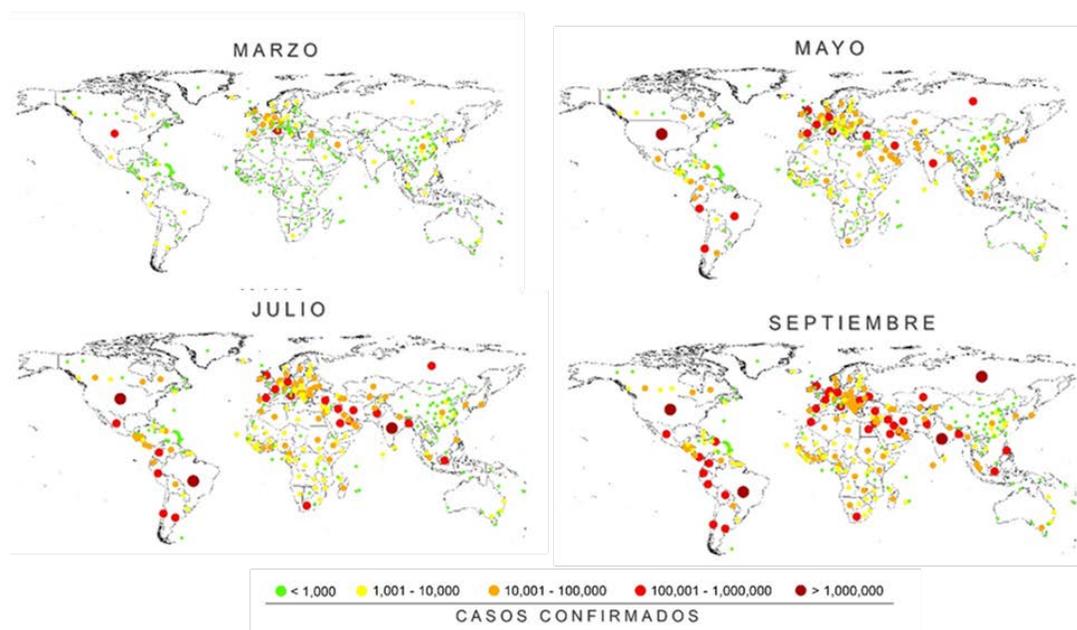


Figura 1. Avance mundial de la COVID-19 en 2020
Fuente: Dong et al., 2020; GitHub, 2020

En el caso de las defunciones, el escenario fue similar, variando por regiones y fechas. Al inicio de la pandemia, algunas ciudades de China y particularmente Hubei, fueron los lugares en donde se concentraron las muertes por la COVID-19. La primera muerte por la enfermedad fuera de China ocurrió en Filipinas el 2 de febrero de 2020, seguido de Japón el 13 y Francia el día 15 de ese mismo mes. Las muertes por la COVID-19 se dispararon a mitades del mes de marzo de 2020 en algunos países de Europa, como Italia, Francia, España y Reino Unido, en donde en lapsos de semanas, se rebasaron las 20 y 30 mil muertes. Estados Unidos comenzó a registrar fallecimientos de forma exponencial en el mes de abril de 2020, pasando de 7 000 a 67 000 muertes en un mes. Otros países de la región de las Américas comenzaron a tener incrementos importantes en el número de fallecidos a mitades de 2020, especialmente Brasil y México (Dong et al., 2020; GitHub, 2020).

En México, los primeros registros de la enfermedad de la COVID-19 se dieron el día 28 de febrero de 2020, tres personas procedentes de Italia, dos de ellas con residencia en la Ciudad de México y una de Culiacán, Sinaloa (Secretaría de Salud [SALUD], 2020). A partir de ese momento se intensificaron las acciones de búsqueda intencionada de casos sospechosos en todo el país, y particularmente de las personas que tuvieron contacto directo con los infectados. Al inicio la enfermedad permaneció con tasas de reproducción bajas, ya que un mes después de la primera detección se reportaban 585 personas infectadas; sin embargo, la distribución de las personas



contagiadas estaba extendida en todos los estados del país, específicamente en 269 municipios, coincidiendo en su mayoría con capitales de estado o ciudades de más de 10 000 habitantes. En abril, la cifra de contagios se elevó a 28 000 casos, repartidos en 977 municipios, y en donde el 14.5% eran sitios con menos de 10 000 habitantes. Por otra parte, el 23 % de los casos se concentraban en áreas metropolitanas, como la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, Monterrey y Guadalajara. Casi al concluir el mes de mayo de 2020, el número de casos rebasaba las 100 000 detecciones y que se extendían en 1 563 municipios, registrándose en localidades menores de los mil habitantes. En el mes de junio, los casos de la COVID-19 casi se triplicaron, llegando a finales de mes a registrarse los 265 000 casos, extendidos en 1 929 municipios, y concentrándose cerca del 50% de los casos en ciudades mayores a los 100 000 habitantes. A principios de noviembre el registro de personas confirmadas con COVID-19 fue de 938 000, las cuales se distribuían en 2 247 municipios de los 2 458 que existen, con 347 000 personas sospechosas y 26 000 casos activos registrados y confirmados (Figura 2). Del total de municipios con reportes al 4 de noviembre de 2020 de casos de SARS-CoV-2 la COVID-19, el 0.8% tienen tenían un caso por municipio, el 31% reportaba menos de 10 casos por municipio y 18 municipios registraban más de 10 000 contagios en su territorio municipal (COVID-19MX, 2020).

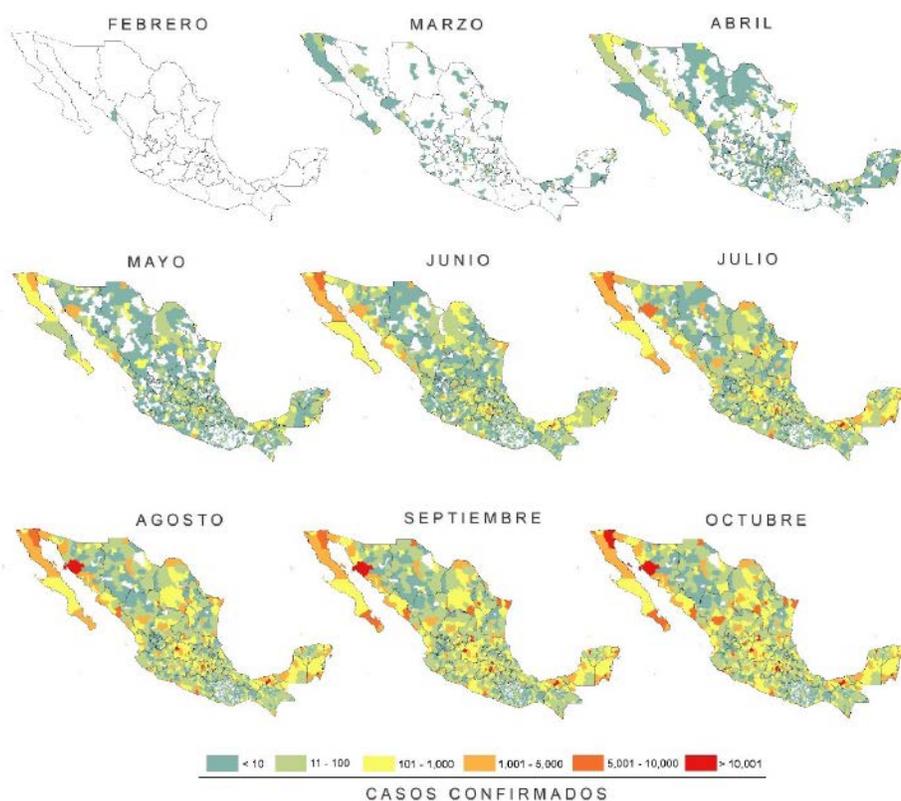


Figura 2. Casos confirmados de COVID-19 por municipio y mes
Fuente: Salud, 2020



Según datos del tablero general Covid-19 México (Gobierno de México, s.f.), la primera defunción se registró el 3 de marzo de 2020 en la alcaldía de Álvaro Obregón en la Ciudad de México. Por otro lado, los datos abiertos de la Dirección General de Epidemiología y los informes técnicos diarios señalan que las primeras defunciones por la COVID-19 se reportaron entre el 18 y 19 de marzo; una persona del sexo masculino, con residencia en Gómez Palacio, Durango, de 74 años de edad, el cual fue intubado y falleció por complicaciones asociadas a neumonía e hipertensión; la otra persona se trató de un hombre de 42 años, con residencia en el municipio de La Paz, Estado de México, el cual falleció por la COVID-19 debido a complicaciones de neumonía, diabetes y obesidad (SALUD, 2020). Al término del mes de marzo, se reportaban 86 fallecimientos en 53 municipios, siendo Álvaro Obregón (CDMX) y Culiacán (Sinaloa) los que reportaron el mayor número de defunciones. En el mes de abril, se incrementó el número de fallecidos por la COVID-19 a 3776 personas, distribuidas en 444 municipios de todos los estados del país. En junio, se acumulaban más de 34 000 fallecimientos por la enfermedad y se extendía a 1342 municipios y las alcaldías de Gustavo A. Madero e Iztapalapa se reportaban más de 1000 defunciones. Dos meses después, se acumulaban 37 000 defunciones más, para llegar a la cuenta de 72 206 muertes por la COVID-19, los cuales se reportaban en 1734 municipios, 10 de ellos con más de mil casos y la ciudad de Puebla con el récord de muertes por municipio con más de 2 000 reportes. Para el último día de octubre se acumulaban poco más de 93 000 fallecimientos, repartidos en 1843 municipios del país, donde el 30% de las muertes registradas sucedió en 19 municipios, todos ellos correspondientes a grandes centros urbanos (SALUD, 2020).

Paisaje epidemiológico

Desde el pequeño brote registrado en un mercado de animales vivos en la ciudad de Wuhan, China, hasta una pandemia mundial que afectó a todos los países del mundo, la enfermedad del COVID-19 y el virus SARS-CoV2 que la causa, afectaron y siguen afectando a todos los sistemas de salud del mundo. La capacidad de contagio generó que una de las principales medidas de mitigación fuera el distanciamiento social, el cual fue eficiente en términos de detener la propagación exponencial del virus. Sin embargo, tuvo un alto costo y las consecuencias se dieron en todas las esferas de la vida social, económica, cultural y ambiental (Páez et al., 2020; Fernandes, 2020).

Es así como elementos asociados a la enfermedad, su transmisión, contención y sus consecuencias, y en donde conceptos como movilización, dispersión y distanciamiento indican que la enfermedad tiene una alta carga de factores espaciales, por



lo que su abordaje debe ser desde la perspectiva geográfica. En este sentido, existen áreas de la geografía que abordan temas de salud pública y epidemiología con metodologías de análisis espacial, como lo es la Geomedicina, cuyo abordaje es holístico, tratando de relacionar los sistemas culturales y naturales complejos (Meade, 2014). Utiliza libremente hechos, conceptos, teorías y técnicas de ciencias como sociales, físicas y biológicas, que acercan al estudio de la salud y las enfermedades a través de sus propias perspectivas, pero con el enfoque técnico-metodológico del análisis espacial. Su objeto se centra en el estudio del lugar, la salud y el bienestar, con bases teóricas tanto de la ecología humana y cultural, es decir, está relacionada con formas del comportamiento humano, con su cultura y los contextos socioeconómicos que interactúan con las condiciones ambientales para producir o prevenir enfermedades en personas vulnerables (Páez et al., 2020; Harbert et al., 2020). Esto constituye la evolución causal, la calidad de vida de la población, su estado nutricional, las condiciones ambientales en donde se desarrolla; son componentes importantes para comprender los procesos de las enfermedades, . al Al igual que el entendimiento de la propia enfermedad, se debe entender como un proceso geográfico, ya que, por lo que su estudio se debe enfocar en la interacción naturaleza-sociedad. También aborda la vulnerabilidad social, que incluyen aspectos de (riqueza y pobreza,; espacios de la desigualdad y/o espacios de la exclusión, así como) y el nivel de exposición al virus SARS-CoV-2/COVID-19, en donde los espacios se construyen y suceden los padecimientos y enfermedades de la sociedad y las comunidades (Meade, 2014).

Por otro lado, el análisis del “paisaje” ha traído una mayor conciencia de la intersección de las fuerzas culturales y estructurales en experiencias espaciales de la asistencia sanitaria y la promoción de la salud (Meade y Emch, 2010). El Paisaje Epidemiológico que distingue a un lugar es una expresión compleja de factores físicos, bióticos y procesos culturales y se deben determinar los patrones de comportamiento y analizar esta distribución dentro de la complejidad de información, por lo general, se puede determinar que qué enfermedad puede ocurrir (Cromley y McLafferty, 2012). Esto es cierto a todas las escalas, desde la microecología de una casa y su patio trasero, hasta las rutas migratorias transcontinentales de las aves y los virus que podrían diseminar. A medida que la población mundial crece y cambia la economía global, los paisajes se están alterando de manera que aumentan el riesgo de enfermedad o mejoran la protección de estas.

Las llamadas geotecnologías, como los Sistemas de Información Geográfica, GPS y Teledetección, son tecnologías que ayudan a entender el paisaje epidemiológico, su distribución, patrones de comportamiento, dispersión y difusión, a través de tres estructuras metodológicas básicas: a) el modelado ecobiogeográfico, b) el modelado



antrópico y c) el monitoreo en tiempo real multivariable (Leszczynski & Wilson, 2013). En el ámbito de la salud pública, existen ejemplos fehacientes, como la realizada por la Universidad Johns Hopkins, en donde el uso de la geografía y del paisaje epidemiológico son una forma de análisis. Así mismo, a través del uso de tecnologías de la información geográfica se logra obtener gran cantidad de información tanto espacial como la asociada a los cambios en el tiempo o a los impactos del humano sobre algunos sistemas ecológicos y se puede analizar los elementos epidemiológicos asociados a la persistencia de las enfermedades en determinadas áreas geográficas. El uso de geotecnologías y la combinación de variables *in situ* pueden predecir la incidencia de una enfermedad (Meade & Emch, 2010). Existen algunos estudios que muestran la importancia del uso de geotecnologías en el diagnóstico, análisis y modelado de la enfermedad de la COVID-19, desde priorizaciones de intervención (Gong et al., 2020), modelos espaciotemporales (Páez et al., 2020; Harbert et al., 2020), modelos climáticos (Araujo y Naimi, 2020), modelos antrópicos (Singh y Adhikari, 2020) y uso de sensores remotos (Gowhar et al., 2020) aplicados al reconocimiento de características espaciales asociadas a la COVID-19. La generalización científica de los estudios del territorio constituye una tarea de primer orden que posibilita evaluar integralmente el potencial de recursos de un espacio dado.

Materiales y Métodos

Para determinar el paisaje epidemiológico que se registró durante el primer año de la pandemia de la COVID-19, se realizaron análisis sobre tres aspectos: el impacto al medio ambiente, la movilización y distanciamiento social en espacios urbanos y la movilización y expansión de contagios por el traslado de personas de espacios urbanos a rurales. Para el primer aspecto se utilizaron datos registrados a partir de insumos satelitales del servicio web TEMIS (Tropospheric Emission Monitoring Internet Service), que mostraba las emisiones troposféricas de las áreas continentales y registran diversos contaminantes del aire como Dióxido de nitrógeno (NO_2), Monóxido de carbono (CO), Formaldehídos (CH_2O), entre otros. En este caso, se utilizó información promedio mensual de 5 diferentes meses en el área que abarca México, en un año previo a la pandemia (2019) y durante el primer año de la pandemia (2020). Estas imágenes llevaron registros de las emisiones por día y solo se utilizó el dato de NO_2 .

Para la parte de movilización en espacios urbanos se utilizaron datos recopilados por la compañía de Apple sobre uso y movilización de personas durante los primeros años de la pandemia. Estas bases de datos recopilan información de movimiento de usuarios, generados por el uso normal o estacional de los servidores de mapas de Apple,



para de esa forma brindar un escenario de la tendencia de movilidad, ya sea por medio de vehículo particular, transporte público o caminando¹. La información fue ordenada y presentada a través de gráficos. También, se usó información proporcionada por Google; se analizó la movilidad local de las personas en el país, ya que, por medio del historial de ubicaciones, se monitoreó la cantidad de visitas a lugares como supermercados, parques, farmacias, entre otros. A pesar de la poca precisión en los datos (generada por las condiciones de privacidad), se puede dar una idea de los resultados generados por las acciones sanitarias, particularmente el distanciamiento social.²

Para modelar el traslado de personas entre espacios urbano-rurales, se utilizó la base de datos de la Comisión Nacional de Población, 2020, para el grado de marginación por municipio, así como los datos del Censo de Población y Vivienda de 2010. La clasificación se basó en la diseñada por el propio INEGI que indica que una localidad es considerada rural cuando tiene menos de 2 500 habitantes y, urbana cuando ese número es superior; en lo urbano también se consideran si son ciudades chicas, medianas o grandes. Para la asociación con los casos registrados por día y municipio, se utilizaron los datos de la Secretaría de Salud.

Resultados y Discusión

Una de las acciones adoptadas por muchos países para dar respuesta a la pandemia de la COVID-19 es fue el distanciamiento social que, combinados con otras medidas de higiene, son los métodos de control más eficientes mientras se desarrollaba una vacuna o un tratamiento farmacológico. Bajo este contexto, los factores sociales de convivencia cambiaron radicalmente de un día para otro, trayendo como consecuencia cambios en todos los modelos sociales, económicos, políticos y hasta ambientales. Sin embargo, esta medida de distanciamiento social tiene una efectividad y comportamiento diverso, y dependen dependía del espacio en donde se desarrolle desarrollaba y de los hábitos sociales que contenía. En algunos países, esta medida se considera consideró agresiva o percibida como excesivamente invasiva en cuanto a derechos humanos se trate, por ello los gobiernos derogaron impulsaron a que la población participara voluntariamente y sigan siguieran las reglas de distanciamiento social (Pedersen y Favero, 2020). También estuvo la contraparte, en donde los gobiernos enmarcaron a la COVID-19 como un problema de salud pública, en donde el principal factor es era evitar que un número mayor de personas, sobre todo las más vulnerables, se infecten infectaran de la enfermedad, y paralelamente asocian esta medida a la así evitar una posible saturación de servicios médicos (Chen et al., 2020).

¹ Esta información estaba disponible en <https://covid19.apple.com/mobility>.

² Dichos datos se encontraban registrados en el siguiente link: <https://www.google.com/covid19/mobility/?hl=es>

En este sentido, las restricciones impuestas por el la COVID-19 cambiaron los patrones de actividades diarias, entre ellas, algunas que impactaron temporalmente el medio ambiente. Las emisiones de gases de efecto invernadero disminuyeron y la calidad del aire en muchas ciudades mejoraron durante el confinamiento. Estos modelos han llevado un registro de las emisiones por día, donde se ha mostrado-mostró que, a comparación de otros años, la cantidad de emisiones se redujeron hasta en un 45% en estos compuestos en algunos países. Para México, por ejemplo, se redujeron las emisiones hasta un 25% de NO_2 respecto al 2019, en las grandes metrópolis: Ciudad de México, Zona Metropolitana de Guadalajara, Zona Metropolitana de Monterrey y Zona Fronteriza de Tijuana (Figura 3). El comportamiento de estos contaminantes en la atmosfera se encuentran en sincronía con el movimiento de personas y algunas actividades económicas ya que, al inicio de la pandemia en el país, las cantidades de contaminantes se redujeron hasta en un 33%, aunque ahora, después de meses de confinamiento, los valores de contaminantes son casifueron similares al 2019.

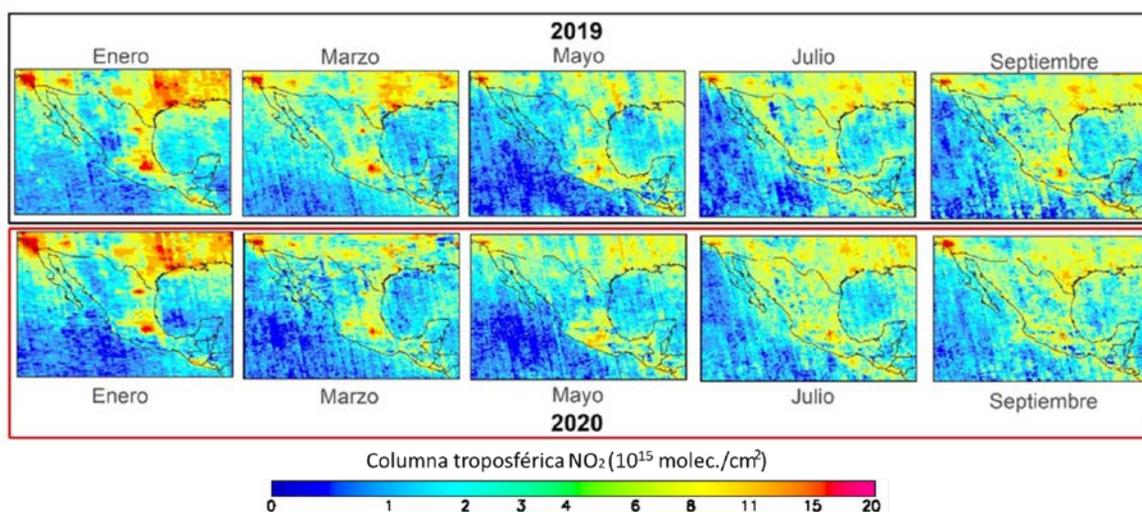


Figura 3. Monitoreo de Dióxido de nitrógeno en México
Fuente: TEMIS, 2020

En México, el distanciamiento social fue parecido al de muchos países, y comenzó de forma más intensa en la primera quincena del mes de marzo del 2020. La movilidad de personas en estas fechas disminuyó hasta en un 80% en el transporte público y 60% en la movilización por vehículo o caminatas (Figura 4). Sin embargo, esta movilidad fue aumentando gradualmente conforme progresaban los meses. En la primera semana de junio, la movilidad comenzó a mostrarse normal, sobre todo en carro o a pie, aumentando más de la referencia en los fines de se-



mana. Esta tendencia se ha mantenido desde esa fecha, a pesar de que entre julio y agosto en el país se registró la oleada más fuerte con más de 5 000 casos por día y que, de hecho, los millares de casos por día se mantienen hasta fechas actuales. Solo la movilización por transporte público se ha mantenido por debajo de la línea de referencia. hasta en un 40% menos.

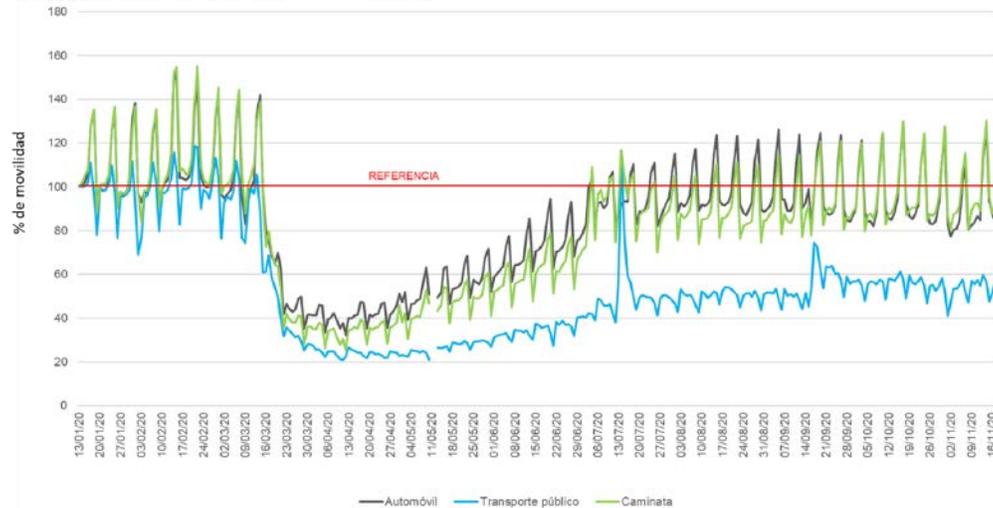


Figura 4. Tendencia de movilidad durante el primer año de pandemia COVID-19 en México
Fuente: Covid19-Apple, 2020

A través de información proporcionada por Google se puede analizar la movilidad local de las personas en el país. Por medio del historial de ubicaciones se monitoreó la cantidad de visitas a lugares como supermercados, parques, farmacias, entre otros (Figura 5). A pesar de la poca precisión en los datos (generada por las condiciones de privacidad), se puede dar una idea de los resultados generados por las acciones sanitarias, particularmente el distanciamiento social. Entre mitades del mes de marzo y hasta la primera quincena de abril, las tendencias de movilidad a tiendas y ocio (incluye movilidad a lugares como restaurantes, cafeterías, centros comerciales, parques temáticos, museos, bibliotecas y cines) disminuyeron hasta 60%. Este mismo porcentaje se alcanzó en la movilidad a parques (que incluye además playas públicas, puertos deportivos, plazas y jardines públicos) y estaciones de transporte (incluye centros de transporte público como estaciones de metro, autobús, tres, metrobús). Por otra parte, la movilidad a supermercados y farmacias tuvo una tendencia mayor a las otras actividades; esto se explica por razones obvias, en donde estos servicios proveen de los insumos necesarios para la alimentación y la salud. En general, la movilidad a diversos espacios ha tuvo diferentes comportamientos conforme avanzaba la pandemia, y esta fue diferente en cada estado y municipio del país. En promedio, la movilización a tiendas y ocio disminuyó un 26%, a super-

mercados y farmacias (que incluyen mercados, depósitos de alimentos, mercados de productores, tiendas de comida especializada) menos 5%, parques 40%, estaciones de trabajo 34%, lugares de trabajo 29% y, por último, la movilización dentro de los lugares de residencia se tiene tuvo un promedio de más de 12%, es decir, aumento aumentó con respecto a la movilización antes de la pandemia.

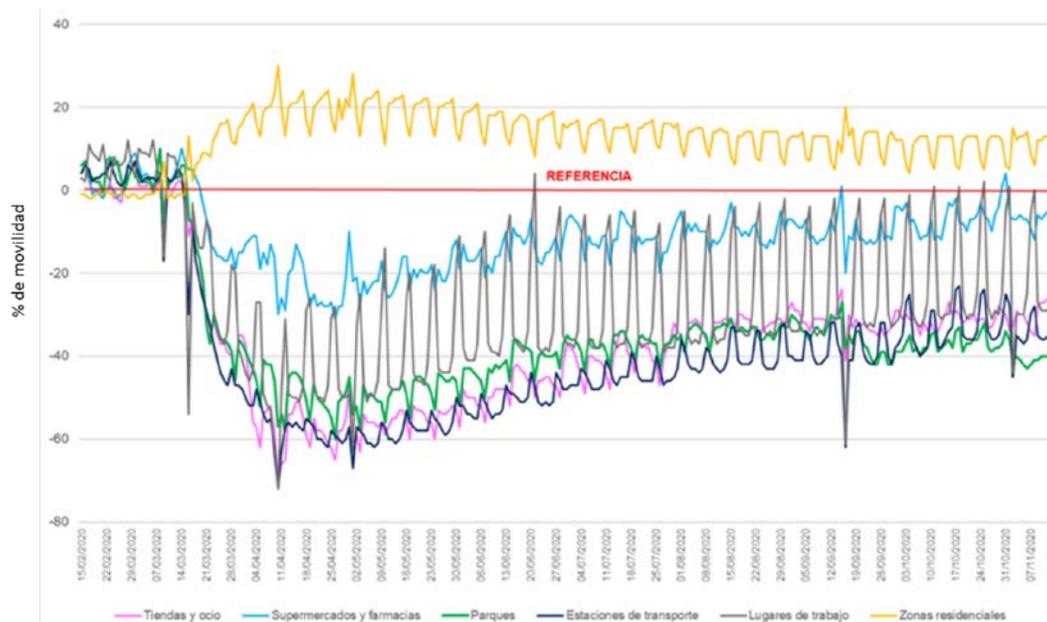


Figura 5. Movilidad local durante el primer año de la pandemia COVID-19 en México
Fuente: Google-COVID19, 2020

En México, el número de casos de la COVID-19 y el número de fallecidos por este mismo sucedieron en las grandes metrópolis: Ciudad de México, Puebla, Hermosillo, Monterrey, León, San Luis Potosí, Mérida, Guadalajara, Mexicali y Querétaro (SALUD, 2020). En estos grandes centros poblacionales, además de existir una gran interacción entre los residentes, hay interacciones con localidades (cercanas y no) a estos centros urbanos, ya que muchas son centros administrativos de cada estado o municipio, además de que es donde existe mayor atención médica y se encuentran los hospitales con infraestructura para tratar la enfermedad. A la última semana de noviembre de 2020, en México se reportaban casos en 2,269 municipios, 828 de estos municipios son rurales (con población menos a los 2,500 habitantes) y en ellos se reportaron 11,470 casos de la COVID-19 y 1,303 defunciones por la misma razón (SALUD, 2020). La movilización interna, sin considerar la migración, fue muy alta en el país, particularmente en la zona centro. Se calcula que cerca de 95 millones de personas se mueven al año en el interior de México (CONAPO, 2017). En la Figura 6 se observa el flujo de personas y los casos positivos a la COVID-19, las líneas más



gruesas corresponden al alto flujo de personas por esa vía y que pertenece a las formas de comunicación más importante entre lugares. Estas líneas gruesas comunican a los municipios que más contagios había a finales de 2020 y que correspondía a las ciudades grandes. Sin embargo, de estos sitios de alto contagio, existen líneas de flujo más reducidas, que van a sitios más cercanos y que tienen menos casos. También es evidente que donde se registraron menos casos las líneas son menos gruesas, indicando que en esas zonas existe poca movilización de personas y por consiguiente poco riesgo de contagio. Este fenómeno de transmisión territorial es y sigue siendo de muy alto riesgo para poblaciones rurales, que además muchas presentan alta marginación, ya que además de muchas otras cosas, no cuentan con servicios médicos adecuados.

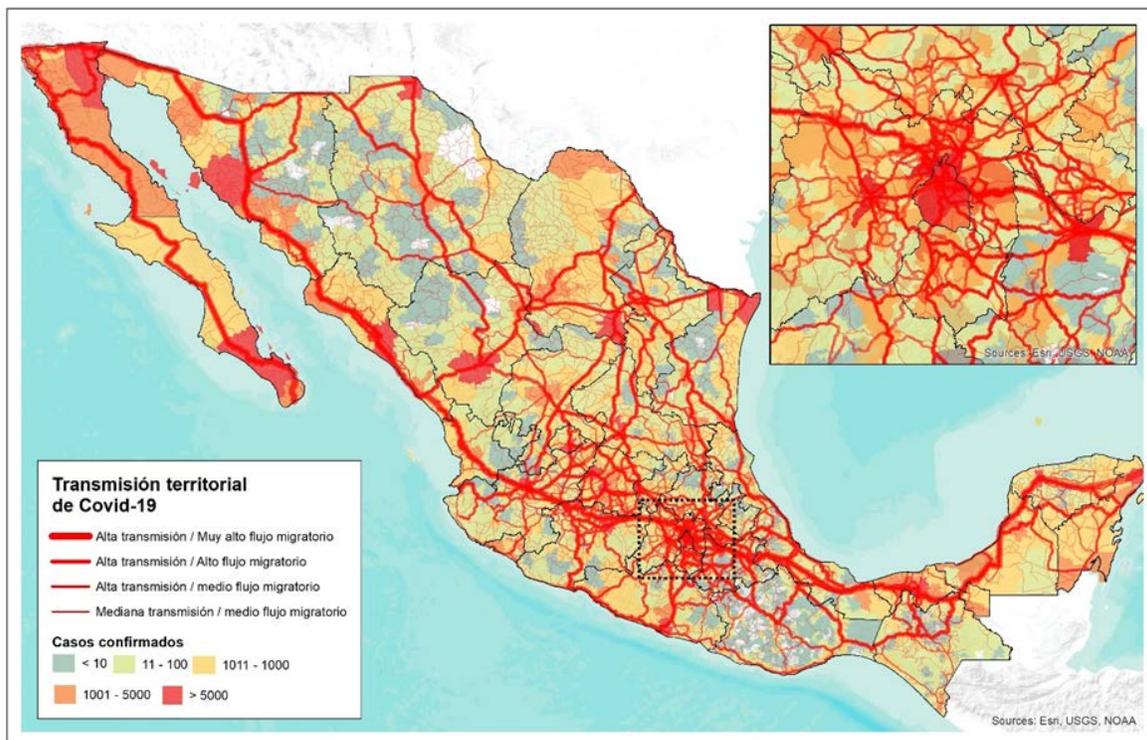


Figura 6. Transmisión territorial y su relación con casos positivos confirmados de Covid-19
Fuente: Salud, 2020

Esta es una de las razones por que la pandemia fue difícil de contener. En algunos países europeos y americanos hubo manifestación contra el distanciamiento social y el encierro implementado por sus gobiernos. Un estudio en Estados Unidos reportó que 4 de cada 10 personas en ese país no cumplía con las recomendaciones de distanciamiento social, por motivos referentes a la salud mental, a la exageración de medidas, a considerar el lavado de manos como medida exclusiva, entre otras cosas; además en este mismo estudio, del total de personas encuestadas, el 11%



seguía asistiendo a lugares públicos, el 16% no evitaba reuniones y el 22% seguía viajando en avión, autobús o metro (Moore et al., 2020).

Un análisis realizado por Chang et al. (2020) indica cuales son los mejores y peores países que enfrentaron la pandemia. A partir de un ranking de resiliencia, que consideraba variables como el crecimiento de casos, la mortalidad general, las capacidades de prueba, acuerdos de suministro de vacunas, presupuesto en salud, capacidad del sistema sanitario, impacto de las restricciones relacionadas con la enfermedad (distanciamiento social), entre otros. Entre los resultados, sobre sale que la mayoría de los países mejores rankeados fueron los asiáticos (incluyendo a los del Pacífico: Nueva Zelanda, Japón, Taiwán, Corea del Sur, China, Australia, Vietnam) y europeos (Finlandia, Noruega, Dinamarca), y en sentido opuesto, los peores países fueron latinoamericanos (Perú, Colombia, Argentina), ocupando el último lugar (53) México. Uno de los puntos clave en los países que tuvieron éxito en el control del virus, fue el cumplimiento social y el alto grado de confianza entre el gobierno y sus medidas sanitarias entre la población. En México, fue difícil hablar de alguna de estas dos variables, primero porque no se tiene una cultura de cumplimiento social, por ejemplo: con el uso del cubrebocas, en países asiáticos el uso fue forzoso debido a que se tenía evidencia de un alto grado de eficacia, si se usaba correctamente; sin embargo, para México era opcional y con una mala práctica de uso. Segundo, en México existió un gran descontento de la población por el manejo político que se le dio a la pandemia, y no un manejo desde el sistema de salud, evidenciado con la tasa de letalidad que registraron en el país y su inadecuada toma de decisiones basado en la ocupación hospitalaria.

Después de este análisis de factores que contribuyen al desarrollo de la enfermedad y analizar el impacto del medio ambiente en la salud humana, podemos destacar que este conocimiento sirve para prevenir o atender nuevas pandemias, sumado al estudio el comportamiento de evolución de la patología como lo es el SARS-CoV-2. Markov et al. (2023), en su artículo de revisión, destacan la importancia del conocimiento de las variables etiológicas y el conocimiento evolutivo del virus para comprender cómo se generan los linajes de mutación, cómo se generan los VOC (*variants of concern*) y con ello se puede predecir diferentes escenarios dependientes de la localización del movimiento de los individuos.

La relación naturaleza-sociedad juega un papel muy importante en el “surgimiento” de enfermedades transmitidas a humanos, entre ellas las de tipo infeccioso. El impacto ambiental (considerada como las modificaciones en el medio ambiente por la acción de actividades humanas) y el desequilibrio ecológico (alteración de las relaciones de interdependencia entre los elementos de la naturaleza) pueden generar afectaciones directas en la salud humana, principalmente por la intromisión a sistemas naturales que



dan como resultado cruces de patógenos entre diferentes especies por contacto. Este fenómeno se le conoce como “spillover”, y se define como la capacidad de un agente viral extraño, que es introducido en una población diferente, que puede llevar a cabo su ciclo infeccioso. Durante este proceso, un agente contenido en un reservorio entra en contacto con hospederos secundarios de diferente especie capaces de mantener el ciclo de replicación y generar un cuadro patológico, pasando por procesos alternados de infección y adaptación dentro de las poblaciones (Childs et al., 2007).

Conclusiones

La pandemia de COVID-19 dejó una larga lista de acciones que tuvieron que realizarse para mejorar el sistema de salud, además de cambiar las interacciones sociales y ambientales que en gran medida son las que nos han llevado a problemas de salud pública global. Es así que el análisis del territorio es de suma importancia, ya que aquí es donde suceden todo tipo de interacciones entre naturaleza-sociedad. Las acciones de control, vigilancia, monitoreo y demás deben estar contextualizadas bajo un enfoque espacial. En este sentido, para el seguimiento de la pandemia de la COVID-19, las geotecnologías han sido un elemento transcendental para el entendimiento de la enfermedad. En el mundo surgieron plataformas geoweb que sirvieron para la comunicación del riesgo y para la toma de decisiones en todos los ámbitos. México no fue la excepción, se crearon desde antes de la llegada del virus, plataformas que monitorearan en tiempo real, el avance del virus y las acciones para evitarlas. También sirvió para que la población interactuara y estuviera enterada del avance territorial. Sin embargo, queda una brecha muy amplia en el entendimiento del territorio como causa y solución a problemas epidemiológicos. Actualmente existe una serie de vacunas que ayudan a controlar la COVID-19, y aunque siguen existiendo defunciones por esta razón, se ha aprendido a convivir con el virus. Sin embargo, están surgiendo en el mundo nuevos virus que están resguardados en los ecosistemas naturales. La interacción y destrucción continua de estos transformará nuevamente los espacios sociales, posiblemente a considerar el distanciamiento social como una obligación natural de sobrevivencia. Es así que los espacios sociales actuales deben moldearse a las condiciones propias de interacción y las políticas en salud deberán estar alineadas a estas condiciones, y en el mejor de los casos, mejoradas para poder estar preparados para otra y muchas otras pandemias que surgirán.

Glosario

Geomedicina. Es la ciencia que estudia la relación entre el medio ambiente y la salud de los seres vivos, sus parámetros se basan en la geología y la medicina.



Paisaje Epidemiológico. Conocido también como epidemiología satelital, estudia cómo los cambios ambientales afectan la salud de los seres vivos.

Variables etiológicas. Causas o factores que contribuyen al desarrollo de la enfermedad, como el origen de la enfermedad: genes, cambios cromosomales, exposición a radiaciones, influencia viral, exposiciones a sustancias químicas; factores ambientales, conductuales y sociales.

Patología. Es una rama fundamental de la Medicina que se ocupa del estudio de las enfermedades. Su objetivo principal es entender las causas (etiología), los mecanismos de desarrollo (patogenia), los cambios estructurales en los tejidos y órganos del cuerpo (alteraciones morfológicas) y los efectos de estas enfermedades (manifestaciones clínicas). Definición del diccionario-médico de la Clínica Universidad de Navarra.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que la investigación se realizó en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un potencial conflicto de interés.

Agradecimientos

Se agradece a los revisores de la revista.

Referencias

- Adarve Castro, A., Díaz Antonio, T., Cuartero Martínez, E., García Gallardo, M. M., Bermá Gascón M. L., Domínguez Pinos D. (2021). Usefulness of chest X-rays for evaluating prognosis in patients with COVID-19. *Radiología*, 63 (3), 476-483. <https://doi.org/10.1016/j.rxeng.2021.05.001>
- Araujo, M. B., & Naimi, B. (2020). Spread of SARS-CoV-2 Coronavirus likely to be constrained by climate. *MmedRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.03.12.20034728>
- Apple. (2020). *Covid19-Apple. Informe de tendencias de movilidad*. <https://www.apple.com/mx/newsroom/2020/04/apple-makes-mobility-data-available-to-aid-covid-19-efforts/>
- Chang, R., Hong, J., & Varley, K. (2020). *The Covid resilience Ranking. The best and worst place to be in the coronavirus era as world enter next covid phases. The Covid resilience Ranking. Bloomberg*. Recuperado de <https://www.bloomberg.com/graphics/covid-resilience-ranking/#ranking>
- Chen, S., Yang, J., Yang, W., Wang, C., & Bärnighausen, T. (2020). COVID-19 control in China during mass population movements at New Year. *The Lancet*, 395(10226), 764-766. Recuperado de [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(20\)30421-9/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(20)30421-9/fulltext)



- Childs, J. E., Mackenzie, J. S., & Richt, J. A. (eds.). (2007). *Wildlife and emerging zoonotic diseases: the biology, circumstances and consequences of cross-species transmission* (Vol. 315). Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-46.4.1345>
- Consejo Nacional de Población. (2017). *Migración interna – categoría migratoria municipal 2005-2010*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapo>
- Consejo Nacional de Población. (2020). Proyecciones de la población de Consejo Nacional de Población. (2024). *Reconstrucción y proyecciones de la población de los municipios de México*. Gobierno de México. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapo/articulos/reconstruccion-y-proyecciones-de-la-poblacion-de-los-municipios-de-mexico?idiom=es>
- Cromley, E., & McLafferty, S. (2012). *GIS and Public Health. 2a edition*. Guilford Press.
- Dong E, Du H, Gardner L. (2020). An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time. *The Lancet Infectious Diseases*, 20(5), 533-534. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30120-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30120-1)
- Fernandes, N. (2020). Economic Effects of Coronavirus Outbreak (COVID-19) on the World Economy. *IESE Business School Working Paper No. WP-1240-E*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3557504>
- GitHub. (s. f.). *CSSEGISandData/COVID-19*. Consultado el 20 febrero de 2022. <https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19>
- Gobierno de México. (2023). *Covid-19 México*. En <https://datos.covid-19.conacyt.mx/#DOView>
- Gong, B., Zhang, S., Yuan, L., & Chen, K. Z. (2020). A balance act: minimizing economic loss while controlling novel coronavirus pneumonia. *Journal of Chinese Governance*, 5(2), 249–268. <https://doi.org/10.1080/23812346.2020.1741940>
- Gorbalenya, A. E., Baker, S. C., Baric, R. S., de Groot, R. J., Drosten, C., Gulyaeva, A. A., ... & Ziebuhr, J. (2020). Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: The species and its viruses—a statement of the Coronavirus Study Group. *BioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.02.07.937862>
- Harbert, Robert S., Seth W. Cunningham, & Michael Tessler. (2020). Spatial modeling cannot currently differentiate SARS-CoV-2 coronavirus and human distributions on the basis of climate in the United States. *medRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.04.08.20057281>
- Leszczynski, A., Wilson, M.W. (2013). Guest editorial: theorizing the geoweb. *GeoJournal*, 78, 915–919. <https://doi.org/10.1007/s10708-013-9489-7>
- Markov, P.V., Ghafari M., Beer, M., Lythgoe, K., Simmonds, P., Stilianakis N.I., Katzourakis A. (2023). The evolution of SARS-CoV-2. *Nature reviews microbiology*, 21, 361-370. <https://doi.org/10.1038/s41579-023-00878-2>



- Meade, M.S. (2014). Medical Geography. En W.C. Cockerham, R. Dingwall y S.R. Quah (eds.), *The Wiley Blackwell Encyclopedia of health, illness, behavior, and society* (pp. 1375-1381). John Wiley y Sons
- Meade, M., & Emch, M. (2010). *Medical Geography. 3rd ed.* Guilford Press.
- Meraj, G., Farooq, M., Singh, S.K., Romshoo, S.A., Sudhanshu, Nathawat, M. & Kanga, S. (2021) Coronavirus pandemic versus temperature in the context of Indian subcontinent: a preliminary statistical analysis. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 6524–6534. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00854-3>
- Moore, Ryan C., Angela Lee, Jeffrey T. Hancock, Meghan Halley, and Eleni Linos. (2020). Experience with Social Distancing Early in the COVID-19 Pandemic in the United States: Implications for Public Health Messaging. *medRxiv* <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.0>
- Paez, A., Lopez, F. A., Menezes, T., Cavalcanti, R., & Pitta, M. (2020). Spatio-Temporal Analysis of the Environmental Correlates of COVID-19 Incidence in Spain. *Geographical Analysis*, 53, 397-421. <https://doi.org/10.1111/gean.12241>
- Pedersen, M. J., & Favero, N. (2020). Social Distancing During the COVID-19 Pandemic: Who Are the Present and Future Non-compliers? *Public Administration Review*, 80(5), 805-814. <https://doi.org/10.1111/puar.13240>
- Secretaría de Salud. (2020). *Coronavirus COVID19 Comunicados Técnicos Diarios Históricos 2020*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/salud/acciones-y-programas/coronavirus-covid-19-comunicados-tecnicos-diarios-historicos-2020>
- Singh, R., & Adhikari, R. (2020). Age-structured impact of social distancing on the COVID-19 epidemic in India. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2003.12055>
- Sun, P., Lu, X., Xu, C., Sun, W., & Pan, B. (2020). Understanding of COVID-19 based on current evidence. *Journal of medical virology*, 92(6), 548-551. <https://doi.org/10.1002/jmv.25722>
- Todo sobre COVID-19*. (s. f.). Gobierno de México. Consultado el 1 de marzo de 2023. <https://coronavirus.gob.mx/>
- Tropospheric Emission Monitoring Internet Service. (s. f.). *ESA – European Space Agency*. Consultado el 17 de marzo de 2025. <http://www.temis.nl/index.php>
- World Health Organization. (2020). *Coronavirus disease (COVID-19) Weekly Epidemiological Update and Weekly Operational Update*. Recuperado de <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports/>
- Zapatero Gavira A., & Barba Martín R. (2023). ¿Qué sabemos del origen del COVID-19 tres años después? *Revista Clínica Española*, 223, 240-243. <https://doi.org/10.1016/j.rce.2023.02.002>

