



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**DIRECCIÓN GENERAL DE EPIDEMIOLOGÍA**

**MOVILIDAD EN EL TRANSPORTE PÚBLICO Y SU RELACIÓN CON  
LA INCIDENCIA DE COVID-19 DE LA CIUDAD DE MÉXICO DE  
MARZO 2020 A ABRIL 2021**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL:

TÍTULO DE ESPECIALISTA

EN:

**EPIDEMIOLOGÍA**

PRESENTA:

**DANIELA VALDEZ HERNÁNDEZ**

**DIRECTORA DE TESIS:**

**DRA. PAOLA OLMOS ROJAS**

**ASESORES:**

**DR. ALESSIO DAVID SCORZA GAXIOLA**

**Y M. EN C. ALAN GARCÍA ZAMBRANO**



CIUDAD UNIVERSITARIA, CD.MX., SEPTIEMBRE 2022.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi mamá por darme el apoyo incondicional siempre y estar en todo momento escuchándome. Sin ti y mi papá no estaría donde estoy.

A mi papá por enseñarme que con constancia y dedicación se logra lo que uno se propone.

A mi hermano Félix que a pesar de estar haciendo su residencia siempre estuvo para mí, leyéndome y escuchándome, eres mi ejemplo de dedicación.

A Ivan que en todo momento estuvo pendiente, impulsándome y aguantando hasta mi mal humor, gracias por estar cuando más lo necesité.

A mi hermano Frank, Xóchitl y Lenny que son una familia divertida y verlos siempre me causó risas y tranquilidad.

A la Dra. Paola mi directora de tesis por su apoyo a lo largo de este proyecto y hasta el final.

A mis asesores el Dr. Alessio por siempre resolver mis dudas y su disponibilidad.

A mi asesor Alan por estar en todo momento y animarme cuando pensaba que este proyecto no tenía rumbo, además de escucharme y seguirme animando y agradezco infinitamente el tiempo brindado hasta altas horas de la noche.

A mis compañeros Diana y Noé que sin ellos no hubiera sobrevivido los primeros meses de residencia. Se trató de llevar una vida “En balance” jajaja.

A Bren, mi primera compañera y amiga de residencia, gracias por escucharme siempre, darme consejos y sobre todo terminar juntas la residencia, así como cuando iniciamos y dijimos que lo íbamos a hacer.

A Dani C. por ser mi R-más que en todo momento me impulsó, no sólo para terminar la tesis, si no para hacer las cosas correctamente en las guardias y rotaciones.

A Chio por ser ese Ángel en la residencia.

Y sobre todo a la vida, aprendí que antes de cualquier cosa primero está tú salud y vaya que fue un último año difícil.

*No hay obstáculos imposibles; solo hay voluntades fuertes y débiles.*

*Julio Verne.*

## ÍNDICE

ANTECEDENTES .....	5
COVID-19 .....	5
SARS-CoV-2.....	6
Factores de riesgo .....	13
Situación epidemiológica de COVID-19.....	13
Vigilancia epidemiológica en México.....	16
Medidas implementadas durante la pandemia.....	17
Vacunación .....	21
Movilidad.....	22
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	30
JUSTIFICACIÓN .....	31
OBJETIVOS .....	32
General .....	32
Específicos.....	32
MATERIAL Y MÉTODOS .....	33
Tipo de diseño .....	33
Descripción de la población .....	33
Análisis estadístico de los datos .....	34
RESULTADOS.....	36
DISCUSIÓN .....	44
LIMITACIONES .....	45
CONCLUSIONES.....	45
CONSIDERACIONES ÉTICAS .....	47
RECURSOS MATERIALES, HUMANOS Y FINANCIEROS .....	48
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	50
GLOSARIO.....	51
REFERENCIAS.....	52
ANEXOS .....	57

**Antecedentes.** Desde la notificación de los primeros casos de COVID-19 a nivel mundial se han implementado medidas no farmacológicas para disminuir la transmisión de dicha enfermedad. En México, la implementación de la Jornada Nacional de Sana Distancia fue una de las principales estrategias que incluyó la suspensión de actividades no esenciales, con el fin de reducir la movilidad y así mismo los casos de COVID-19 en nuestro país. A lo largo de la pandemia, la Ciudad de México ha concentrado el mayor número de casos a nivel nacional. Por ello, es necesario estudiar la movilidad en el transporte público y su relación con la incidencia de COVID-19.

**Objetivo.** Determinar la relación entre la incidencia de COVID-19 y la movilidad en el transporte público durante el 1 de marzo 2020 al 17 de abril 2021 en la Ciudad de México.

**Material y métodos.** Se realizó un estudio observacional, ecológico descriptivo y analítico de la incidencia de COVID-19 durante marzo 2020 a abril 2021, información que proviene del SISVER, se utilizó la base de datos de movilidad en el transporte público de la SEMOVI en dicho periodo. Se realizó un análisis de series de tiempo durante el periodo del 1 de marzo 2020 al 17 de abril 2021, utilizando el método clásico de descomposición de series temporales.

**Resultados.** Se analizaron 644,168 registros de casos confirmados a COVID-19 y 14,766 registros de la afluencia en el transporte público. El comportamiento de la movilidad tuvo un descenso muy marcado tras la implementación de la Jornada Nacional y de Sana Distancia y la tasa de incidencia de COVID-19 tuvo un ascenso lentamente progresivo. Se encontró que la movilidad en el transporte público tuvo un efecto sobre la incidencia de COVID-19 en su rezago 5.

**Conclusiones.** Lo encontrado en este estudio concuerda con los estudios en la literatura. Se encontró evidencia que existe relación entre los cambios en la movilidad en el transporte público y la tasa de incidencia de COVID-19 en la CDMX, dicha relación está mejor representada en el rezago 5 (días).

**Palabras clave:** Movilidad, COVID-19, incidencia, transporte público.

## **ANTECEDENTES**

### **COVID-19**

La enfermedad por coronavirus 2019-nCov es una enfermedad infecciosa causada por el coronavirus del síndrome respiratorio agudo severo de tipo 2 (SARS-CoV-2) descubierto recientemente y notificado el 31 de diciembre de 2019 en Wuhan, provincia de Hubei, China. El Director General de la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró el 30 de enero de 2020 que esta enfermedad constituía una Emergencia de Salud Pública de Importancia Internacional (ESPII) la cual finalmente fue declarada pandemia el 11 de marzo de 2020 (1).

Al inicio del brote, se reportó que la mayoría de los casos estuvieron relacionados con un mercado de mariscos, pescados y animales vivos, pero hubo casos posteriores que no tuvieron vínculo con el mercado por lo que se confirmó la transmisión de la enfermedad de persona a persona (2).

El brote coincidió con la proximidad del año nuevo chino, por lo que los viajes entre ciudades de China antes de dicha festividad facilitaron la transmisión del virus en el país. Esta nueva enfermedad pronto se extendió rápidamente a otras ciudades de la provincia de Hubei y de China. El número de casos confirmados aumentó rápidamente, con miles de casos diagnosticados diariamente. La alta eficiencia de transmisión del SARS-CoV-2 y el elevado número de viajes internacionales permitieron una rápida propagación mundial de la COVID-19 (3).

En la Imagen 1 se muestran los primeros casos notificados en China y México, además del inicio de la Jornada Nacional de Sana Distancia en nuestro país.

## Imagen 1. Línea del tiempo de COVID-19



Fuente: Elaboración propia

### SARS-CoV-2

Los coronavirus son un grupo de virus que infectan a diferentes animales y pueden causar infecciones respiratorias en humanos. Para el año 2002, el coronavirus del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV) y en el año 2012, el coronavirus del síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS-CoV-2), aparecieron en humanos causando enfermedades respiratorias graves, convirtiendo a los coronavirus emergentes en un nuevo problema de salud pública en el siglo XXI (3,4).

El nuevo coronavirus se descubrió a finales de 2019 en Wuhan China, el cual fue designado como SARS-CoV-2 (1).

### Estructura:

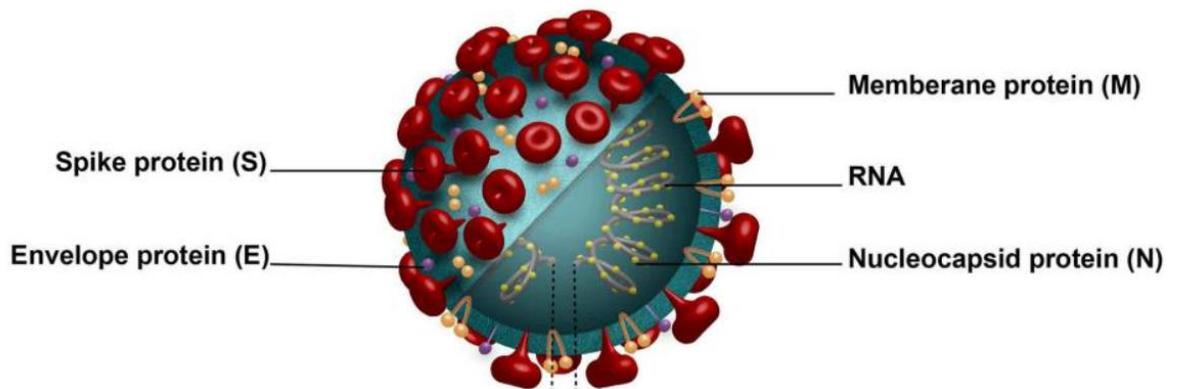
- **Genómica y taxonomía.**

El virus SARS-CoV-2 pertenece al linaje B género *Betacoronavirus* ( $\beta$ -CoV) de la familia *Coronaviridae* del orden *Nidovirales*: dicha familia comprende un genoma de virus de ARN monocatenario de sentido positivo, con envoltura. El tamaño de los viriones varía en diámetro de 80 a 140 nm (5).

El genoma de los  $\beta$ -CoV codifica cuatro proteínas estructurales, incluidas la de espiga (S), de envoltura (E), de membrana (M), la nucleocápside (N), además de algunas proteínas no estructurales (Imagen 2).

La proteína S son las proteínas transmembranas compuestas por un dominio intracelular y subdominios S1 y S2. El dominio S1 actúa como un antígeno de superficie, mientras que el dominio S2 es una subunidad de fusión de membrana. El dominio S1 interactúa con la enzima convertidora de angiotensina 2 (ECA2) en el huésped. La proteína E es un polipéptido pequeño que contribuye a la patogénesis y participa en el ensamblaje y liberación de partículas virales de las células huésped. La proteína M es una proteína de membrana que se caracteriza por tres dominios transmembrana, participa en el ensamblaje viral y su homeostasis interna, participando en la regulación de la replicación y el empaquetamiento del ARN. La proteína N tiene como funciones la replicación y transcripción del ARN viral, también regula el ciclo de la célula huésped para facilitar la multiplicación y propagación del virus (6,7).

### Imagen 2. Estructura de SARS-CoV-2



Fuente: Tomado de Rahimi A. Genetics and genomics of SARS-CoV-2: A review of the literature with the special focus on genetic diversity and SARS-CoV-2 genome detection. Genomics. 2021

Al unirse el SARS-CoV-2 a las células epiteliales del tracto respiratorio, comienza a replicarse y migrar hacia las vías respiratorias inferiores entrando a las células epiteliales alveolares de los pulmones.

El SARS-CoV-2 utiliza el mismo receptor que el SARS-CoV, la ECA2; además de que esta enzima está presente en humanos, el virus también reconoce la ECA2 del cerdo, hurón, mono Rhesus, civeta, gato, pangolín, conejo y perro. Lo que implica que puede tener una amplia gama de huéspedes.

La rápida replicación del virus en los pulmones puede desencadenar una fuerte respuesta inmunitaria, causando la sintomatología respiratoria. La inactivación de la ECA2 al unirse al SARS-CoV-2 evita la conversión de angiotensina II proinflamatoria en angiotensina antiinflamatoria lo que exacerba la inflamación y el daño inducido por el virus (3,8).

### **Periodo de incubación**

La mayoría de las estimaciones sobre el periodo de incubación va de uno a 14 días, con una mediana de cinco días (2).

### **Variantes**

A medida que pasa el tiempo, la estructura de los virus y del SARS-CoV-2 va cambiando, estos cambios tienen nulo o poco efecto sobre las propiedades del virus, pero algunos cambios pueden influir en dichas propiedades, como la facilidad de propagación, eficacia de las vacunas, entre otras. Desde enero de 2020, la OMS ha vigilado la evolución del SARS-CoV-2 y a finales de 2020 se empezó a utilizar las siguientes categorías de variantes (9):

- **Variante de interés (VOI):** Se consideran VOI si presentan cambios en el genoma y afectan las características del virus (transmisibilidad, gravedad de la enfermedad y capacidad para escapar a la respuesta del sistema inmunitario); y existe transmisión significativa en medio extrahospitalario causando varios conglomerados de casos de COVID-19. Se han denominado 8 VOI (Épsilon, Dseta, Eta, Zeta, Iota, Kappa, Lambda y Mu).
- **Variante de preocupación (VOC):** Debe de cumplir con 3 características; el aumento en la transmisibilidad, aumento de la virulencia o cambio en la sintomatología o disminución de la eficacia de las medidas de salud pública, métodos diagnósticos, vacunas y tratamientos disponibles. Se han nombrado 5 VOC a lo largo de la pandemia (Alfa, Beta, Gamma, Delta y Ómicron).

En México, la circulación de las variantes del SARS-CoV-2 ha evolucionado a lo largo de la pandemia, reportando en enero 2021 la circulación de las variantes Delta, Alfa y Gamma, predominando Alfa y posteriormente Gamma. A finales del mes de junio de 2021, Delta fue la variante predominante para ser desplazada por Ómicron en diciembre de 2021 (10).

## **Transmisión**

Los primeros casos informados en Wuhan, China, se consideran una infección adquirida de una fuente zoonótica del mercado mayorista de mariscos de Wuhan, donde se vendían aves, serpientes, murciélagos y otros animales de granja. A través del análisis genético, se sugirió que los murciélagos eran los huéspedes definitivos del SARS-CoV-2, ya que compartían el 96% del genoma con dos CoV similares al SARS. El huésped intermedio y la ruta que ayudaron a la transmisión viral a los humanos aún no se conoce por completo (4).

Inicialmente se propuso a las serpientes como huéspedes intermedios, posteriormente se sugirió a los pangolines, ya que compartían una homología genética del 99% con los CoV. Actualmente se continúa investigando para poder concluir la información (4,11).

El número de casos de la COVID-19 tras su descubrimiento, las infecciones de los profesionales de la salud y la presencia de casos en otros países que tuvieron el antecedente de viaje a Wuhan, China, permitió plantear la transmisión entre seres humanos y confirmando la misma por la OMS (1).

## **Vías de transmisión**

La transmisión se da principalmente a través de la exposición a los fluidos respiratorios:

- **Contacto y gotículas:** el SARS-CoV-2 puede transmitirse por contacto indirecto, directo o estrecho con personas infectadas a través de las secreciones contaminadas como la saliva, secreciones respiratorias o las gotículas respiratorias, las cuales son expulsadas cuando una persona infectada tose, estornuda, habla o canta. Las gotículas pueden alcanzar un

tamaño superior a 200 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), por lo que no representan un riesgo para la salud si se practica un distanciamiento social de 1.5 a 3 metros (m). Las gotículas respiratorias tienen un diámetro de 5-10  $\mu\text{m}$  y las gotas que tienen un diámetro inferior a 5  $\mu\text{m}$  se conocen como aerosoles. La transmisión por gotículas respiratorias se puede producir cuando una persona está en contacto estrecho (en un espacio de no más de un metro) con una persona infectada que presenta síntomas respiratorios; en estas circunstancias, las gotículas respiratorias que contienen el virus pueden llegar a la boca, nariz o los ojos de una persona expuesta, lo que podría causar una infección(12).

- **Fómites:** cuando una persona infectada expulsa secreciones respiratorias puede contaminar las superficies y los objetos, produciendo fómites. En estas superficies, es posible detectar mediante RT-PCR viriones del SARS-CoV-2 viables; se pueden detectar altas concentraciones de esas partículas especialmente en establecimientos sanitarios donde se atienden pacientes con COVID-19. Por lo tanto, es posible que el SARS-CoV-2 se transmita de forma indirecta al tocar objetos contaminados o superficies y, posteriormente, tocarse la boca, la nariz o los ojos. Aunque se dispone de estos datos, no existen informes específicos en los que se haya confirmado directamente la transmisión por fómites(12).
- **Aérea:** esta vía de transmisión se define como la propagación de un agente infeccioso causado por la diseminación de aerosoles que siguen siendo infectantes tras permanecer suspendidos en el aire por tiempos prolongados. El SARS-CoV-2 puede transmitirse cuando se realizan técnicas médicas en las que se generan aerosoles (intubación endotraqueal, broncoscopia, reanimación cardiopulmonar, etc.). La OMS analizó la transmisión del SARS-CoV-2 a través de aerosoles en los casos en donde no se realizan procedimientos que generen aerosoles: encontrando que, en los restaurantes o realizando deporte y en entornos cerrados con mala ventilación no se puede descartar que la transmisión se haya dado por aerosoles. De acuerdo con la OMS, la transmisión aérea es viable cuando

los viriones se encuentran en núcleos de gotitas  $< 5 \mu\text{m}$ , los cuales pueden estar presentes en el aire durante largos períodos de tiempo (segundos a horas) recorriendo distancias  $>1 \text{ m}$ , mientras que las partículas o gotitas por arriba de dicho diámetro se asientan rápidamente sobre las superficies (13-15). Diferentes estudios han demostrado que el virus sigue presente en aerosoles con una vida media de aproximadamente una hora en lugares cerrados. Por lo que, la transmisión del SARS-CoV-2 se puede dar en pacientes asintomáticos mediante la respiración normal sin la necesidad de toser (14). Los aerosoles son lo suficientemente pequeños para permanecer en el aire, acumularse en espacios mal ventilados y ser inhalados a corto y largo alcance. Para que ocurra la transmisión aérea, los aerosoles deben generarse, transportarse por el aire, inhalarse por un huésped susceptible y depositarse en el tracto respiratorio. En la COVID-19, dicha transmisión se puede dar bajo ciertas condiciones ambientales, principalmente en ambientes interiores mal ventilados. Se ha observado que los puntos en común entre los eventos de propagación incluyen ambientes cerrados, multitudes, duraciones de exposición de una hora o más, ventilación deficiente, vocalización y el uso incorrecto de mascarillas faciales (16).

### **Factores ambientales que afectan la transmisión por aerosol**

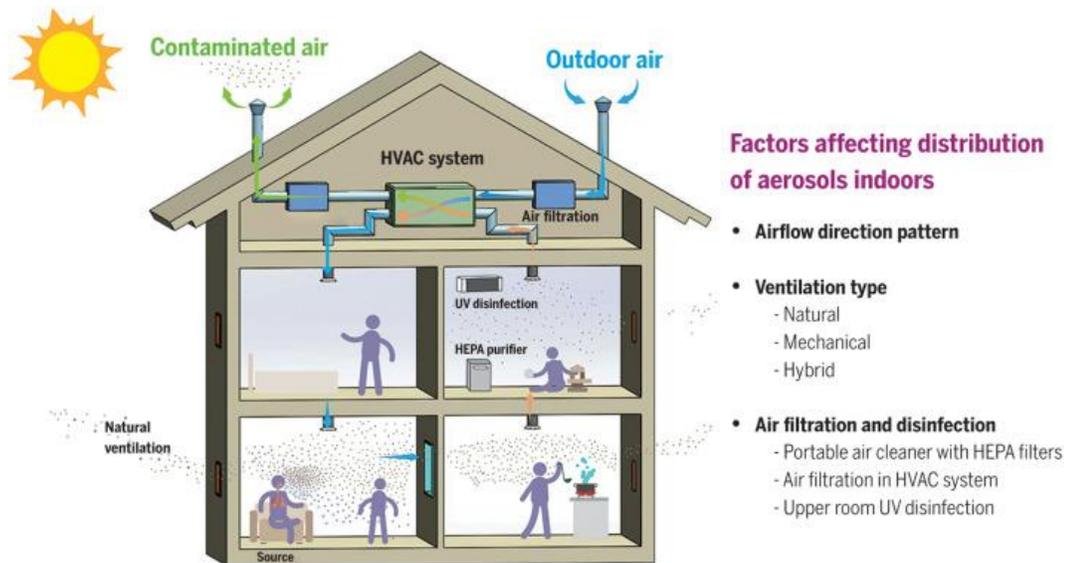
La humedad, temperatura y la evaporación afectan la transmisión del SARS-CoV-2. Se ha descrito una disminución de la transmisión a alta temperatura y baja humedad. El flujo de aire influye en el transporte de aerosoles a comparación de las gotas, que se depositan rápidamente en el suelo por acción de la gravedad. Los aerosoles en el aire tienden a elevarse, ya que el aire exhalado es más cálido que el aire ambiental, un mayor flujo de aire exterior contribuye a una mayor dispersión, mientras que en interiores el flujo de aire está restringido por las paredes (13,16).

## Transporte de aerosoles en interiores

En una habitación, la dispersión de aerosoles está influenciada por su velocidad inicial: estornudar puede generar una velocidad muy alta (50 m/s), mientras que hablar genera una velocidad más baja (3 m/s). La mayoría de las partículas que se generan son menores a 10  $\mu\text{m}$ , las gotitas de mayor diámetro caerán a una superficie mientras que las de menor diámetro permanecerán suspendidas (13).

En interiores, la colocación de purificadores portátiles de aire de partículas de alta eficiencia (HEPA), es eficaz para reducir la exposición a aerosoles, principalmente cuando se combina con ventilación. Un estudio de Siyao y colaboradores evaluó el riesgo de transmisión aérea de la COVID-19 en personas asintomáticas en ascensores, aulas y supermercados, demostrando que la ventilación inadecuada puede crear puntos críticos con mayores riesgos que en otras ubicaciones de las habitaciones (Imagen 3)(16).

**Imagen 3. Ventilación y transmisión de aerosoles**



Fuente: Tomado de Prather Ka. Airborne transmission of respiratory viruses. Science. 2021

Se ha demostrado que la COVID-19 se transmite a través de la inhalación de aerosoles, principalmente en lugares con mala ventilación y cuando las personas tienen una estancia prolongada en dichos lugares (17).

## **Factores de riesgo Sociales**

La COVID-19 puso de manifiesto las brechas socioeconómicas en todo el mundo, observando los lugares más pobres con más casos o los trabajadores informales sin la posibilidad de quedarse en casa y con la necesidad de continuar laborando a pesar del riesgo sanitario (18).

La calidad de la vivienda, donde se incluye saneamiento deficiente, agua y hacinamiento, pueden facilitar la transmisión de la COVID-19, agregándose la falta de medidas efectivas de salud pública como distanciamiento social, higiene de manos, autoaislamiento y uso de mascarillas faciales (18).

La ocupación que las personas ejercen tiene diferentes riesgos de exposición al SARS-CoV-2 (19):

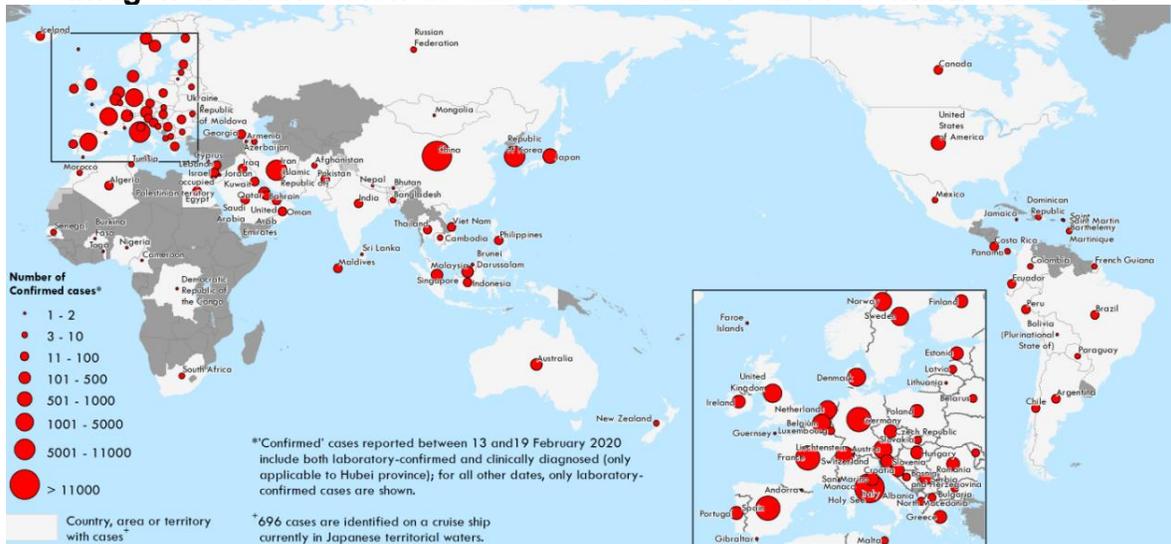
- Las ocupaciones con riesgo de exposición muy alto son el personal de salud que directamente atienden a pacientes con sospecha o diagnóstico de la COVID-19.
- El riesgo de exposición alto engloba al personal de salud que no participa directamente en la atención de pacientes con sospecha o diagnóstico de la COVID-19 (policías, personal de farmacia, trabajadores sociales, recepcionistas, nutricionistas, entre otros).
- El riesgo de exposición medio es el personal que participa en la atención al público general (ocupaciones en tiendas, escuelas, guarderías, farmacias y áreas de servicio al público, bancos, alimentos y bebidas, entre otros).
- El riesgo de exposición bajo es el personal que no participa directamente en la atención al público general (oficina, almacenes, administrativos, entre otros).

## **Situación epidemiológica de COVID-19 Mundial**

Después de la notificación de los primeros casos de la COVID-19 en el mundo, el 31 de enero de 2019, diferentes países de las regiones de las Américas, Europa, Asia Sudoriental y Pacífico Occidental notificaron los primeros casos de esta

enfermedad y cuando la COVID-19 fue declarada una ESPiI se tenían confirmados 7,818 casos y 170 defunciones a nivel mundial; China representaba el país con el mayor número de casos hasta ese momento. Al momento que la COVID-19 fue declarada pandemia, la enfermedad se presentaba en las seis regiones de la OMS, en 113 países con un acumulado de casos de 118,319 y 4,292 defunciones (Imagen 4) (20).

**Imagen 4. Distribución de casos de COVID-19 al 11 de marzo de 2020.**



Fuente: Tomado de Informe de situación de COVID-19 de la Organización Mundial de la Salud.2020

Con corte al 17 de abril de 2021, a nivel mundial se reportaron 139,501,934 casos confirmados y 2,992,193 defunciones con una tasa de letalidad global de 2.1% (21).

## México

El 28 de febrero de 2020 se confirmaron los primeros casos de la COVID-19, dos de ellos en la Ciudad de México y uno en el estado de Sinaloa. Para el 11 de marzo de 2020 se habían confirmado 11 casos, siendo cinco estados con casos de la COVID-19 hasta ese momento.

Cuando inició la Jornada Nacional de Sana Distancia, se habían confirmado 367 casos en todo el país, siendo Tlaxcala el único estado sin casos de la COVID-19 hasta ese momento. Día con día se notificaron más casos en las 32 entidades,

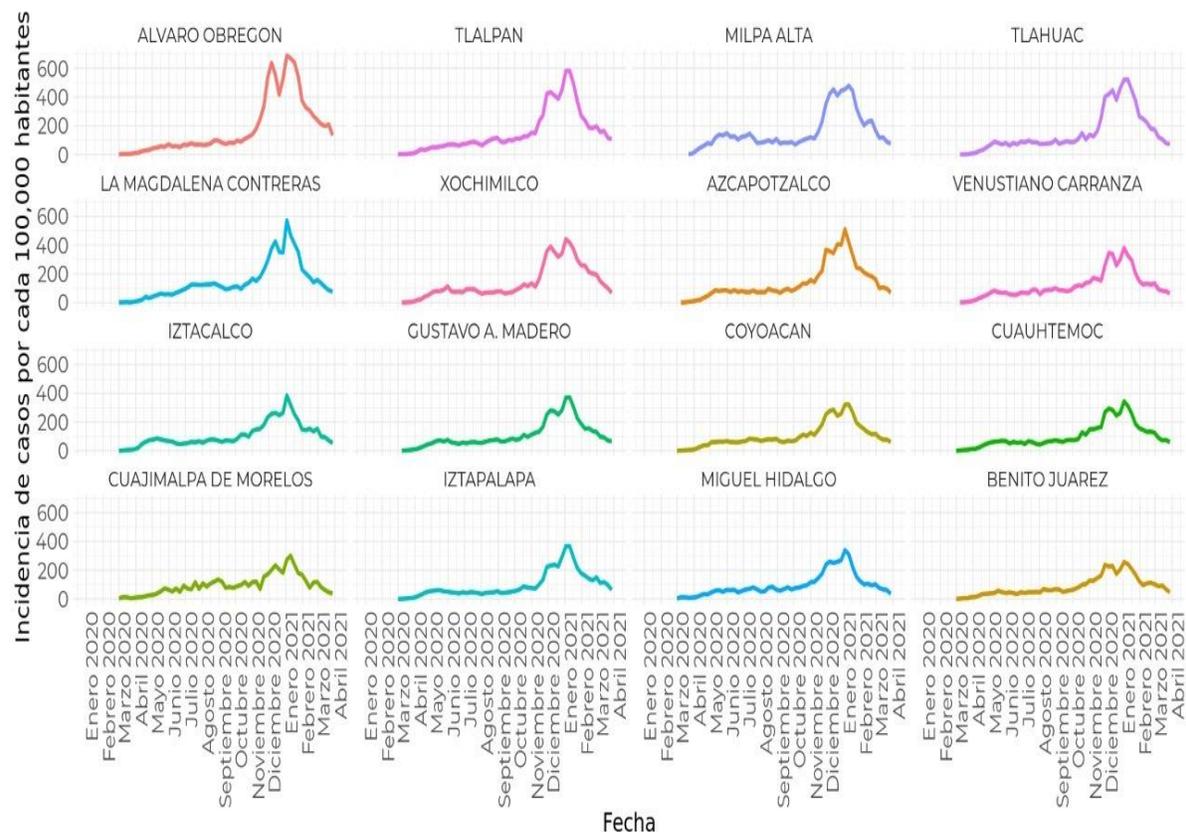
sumando 93,435 casos y 10,167 defunciones en el país para el primero de junio de 2020 (22).

### Ciudad de México

La Ciudad de México ha sido de las entidades federativas con más casos y defunciones registradas a lo largo de la pandemia. Al 17 de abril de 2021, México alcanzó 2,304,096 casos confirmados y 212,228 defunciones totales por la COVID-19, y en la Ciudad de México se presentaron 628,622 casos y 41,056 defunciones (21).

Las Alcaldías con mayor incidencia de COVID-19 hasta el 17 de abril de 2021 fueron Álvaro Obregón, Tlalpan y Milpa Alta y las Alcaldías con menor incidencia fueron Iztapalapa, Miguel Hidalgo y Benito Juárez (ver imagen 5).

**Imagen 5. Incidencia de COVID-19 en la Ciudad de México, 1 de marzo 2020 al 17 de abril 2021.**



Fuente: Elaboración propia con datos abiertos de COVID-19 2020-2021 y población de INEGI 2020.

## **Vigilancia epidemiológica en México**

La vigilancia epidemiológica de la COVID-19 se integró en el Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Enfermedades Respiratorias (SISVER) de la Dirección General de Epidemiología. El tipo de vigilancia es centinela (recopila información de manera sistemática de un número limitado de unidades para que la muestra sea representativa de la población general) y se realiza en 473 unidades médicas denominadas Unidades de Salud Monitora de Enfermedad Respiratoria Viral (USMER); donde se toma muestra al 10% de los casos sospechosos con síntomas leves (ambulatorios); la representatividad de la muestra es definida por el SISVER con la finalidad de describir y caracterizar el panorama epidemiológico del comportamiento de las enfermedades respiratorias incluyendo la COVID-19 a nivel nacional. Se debe garantizar la toma de muestra a 1 de cada 10 casos a través de prueba de RT-PCR para la detección de SARS-CoV-2 y al 100% de los casos sospechosos con sintomatología grave (hospitalizados).

## **Definiciones operacionales**

La vigilancia epidemiológica de la enfermedad respiratoria viral se centra en la detección inmediata de casos que cumplan con la definición operacional de caso sospechoso de acuerdo con el Lineamiento Estandarizado para la Vigilancia Epidemiológica y por Laboratorio de la Enfermedad Respiratoria Viral (23):

- **Caso sospechoso de enfermedad respiratoria viral:** persona de cualquier edad que en los últimos 10 días haya presentado al menos uno de los siguientes signos y síntomas: tos, disnea, fiebre o cefalea (en menores de cinco años, la irritabilidad puede sustituir a la cefalea) acompañado de uno de los siguientes signos o síntomas: mialgias, artralgias, odinofagia, escalofríos, dolor torácico, rinorrea, polipnea, anosmia, disgeusia o conjuntivitis.
- **Caso confirmado por laboratorio:** persona que cumpla con la definición operacional de casos sospechoso y que cuente con diagnóstico confirmado por laboratorio.

- **Caso confirmado por prueba antigénica rápida para SARS-CoV-2:** persona que cumple con la definición operacional de caso sospechoso y cuenta con una prueba antigénica rápida positiva para SARS-CoV-2 mediante un estuche comercial que fue evaluado por el InDRE.
- **Caso confirmado por asociación epidemiológica:** persona que cumpla con la definición operacional de caso sospechoso y que haya estado en contacto estrecho (<1 m de distancia por más de 15 minutos o más, ya sea continuos o acumulados) con un caso confirmado por laboratorio con RT-PCR o prueba antigénica rápida para SARS-CoV-2, desde 2 hasta 14 días antes del inicio de síntomas y que el caso confirmado al cual se encuentra asociado, se encuentre registrado en la plataforma del SISVER (23).

### **Medidas implementadas durante la pandemia Mundial**

La OMS publicó el 6 de abril de 2020 recomendaciones sobre el uso de cubrebocas en el contexto de COVID-19, enfatizando que los cubrebocas médicos se debían reservar para los profesionales de la salud y para las personas con síntomas respiratorios. Se recomendaba a la población general evitar aglomeraciones en especial en espacios cerrados, mantener distancia física de mínimo un metro con las demás personas, realizar higiene de manos frecuentemente, cubrirse con la parte interior del codo al toser o estornudar, no tocarse la nariz, boca u ojos. En una actualización de la OMS, se aconsejó que el público en general utilizara cubrebocas en ambientes cerrados (tiendas, lugares de trabajo, escuelas), al aire libre cuando no era posible el distanciamiento físico mínimo de un metro. (24,25).

Las intervenciones no farmacológicas que se realizaron en muchos países tenían el objetivo de disminuir la transmisión de la COVID-19 restringiendo el movimiento y a su vez la concentración de personas. Algunas intervenciones fueron: mantenerse en casa, prohibición de viajes nacionales e internacionales, cierres de transporte público, distanciamiento social, restricción de las reuniones, cierre de escuelas, cierre de lugares de trabajo, cancelación de eventos masivos y el confinamiento de poblaciones (26).

En China se suspendió el uso del transporte a partir del 23 de enero del año 2020 (autobús, metro, ferrocarril y avión) para evitar la transmisión de casos, además se cancelaron eventos masivos, reuniones, cierre de parques, escuelas, bibliotecas, gimnasios, organismos gubernamentales y fábricas. La implementación de la toma de temperatura en espacios públicos se realizó con el fin de detectar casos con la presencia de fiebre, los casos confirmados o sospechosos se aislaron durante 14 días y se realizaba desinfección de los posibles lugares contaminados. Todas las medidas implementadas en el país tuvieron como objetivo cortar la cadena de transmisión de la COVID-19 (27).

## **México**

En el Diario Oficial de la Federación se publicó que, para atender la emergencia sanitaria generada por el virus SARS-CoV-2, los sectores públicos, social y privado tenían que implementar las siguientes medidas, con el fin de mitigar y controlar la enfermedad (28):

- Suspensión inmediata, del 30 de marzo al 30 de abril de 2020, de las actividades no esenciales.
- Las actividades que se consideraron esenciales podían continuar funcionando: actividades laborales en la rama médica, administrativa y de apoyo en todo el Sistema Nacional de Salud, las involucradas en la seguridad pública y protección ciudadana, industria de alimentos, gasolineras, mercados, supermercados, producción agrícola, servicio de transporte de pasajeros y las necesarias para la conservación, mantenimiento y reparación de la infraestructura que asegura la producción y distribución de servicios indispensables (agua potable, energía eléctrica, gas, gasolina, saneamiento básico, transporte público, infraestructura hospitalaria y médica, entre otros) (28).

El Gobierno de México implementó la Jornada Nacional de Sana Distancia el 23 de marzo de 2020 lo que incluyó:

- Medidas básicas de prevención: lavado frecuente de manos, etiqueta respiratoria, evitar saludo de mano, abrazo o beso, no salir de casa en caso de presencia de síntomas compatibles con COVID-19.
- Suspensión temporal de actividades no esenciales: La Secretaría de Salud recomendó la suspensión temporal de las actividades no esenciales de los sectores público, social y privado.
- Reprogramación de eventos de concentración masiva: Se recomendó posponer, los eventos masivos que congregaran más de 5,000 personas.
- Protección y cuidado de las personas adultas mayores: Mantener sana distancia de al menos 1.5 m, lavado de manos con frecuencia, desinfección de superficies con cloro de uso doméstico diluido en agua por lo menos una vez al día, evitar visitas en especial de familiares que presenten sintomatología respiratoria (29).

El 20 de mayo de 2020, el Gobierno de la Ciudad de México presentó el Plan Gradual hacia la Nueva Normalidad en la Ciudad de México, donde se establecieron las estrategias para reanudar las actividades laborales, sociales, educativas, culturales, y económicas de la ciudad, de una forma gradual y ordenada, implementando un “Semáforo Epidemiológico” y un Comité de Monitoreo hacia la Nueva Normalidad, que evaluara el riesgo epidemiológico relacionado con la reanudación de actividades. El 05 de junio de 2020 se dio a conocer el color del Semáforo Epidemiológico en la Ciudad de México, el cual correspondía a rojo (30).

El Semáforo Epidemiológico se trató de un instrumento orientado para la apertura y desarrollo de actividades de forma progresiva y ordenada, el cual se realizó por cada estado estimando el riesgo epidémico poblacional para que se comunicara a nivel estatal de manera fácil, con el fin de orientar las acciones que se pudieran implementar para la prevención y control de la COVID-19 de acuerdo con la intensidad de la pandemia (color del semáforo) (31).

Entre las medias implementadas se publicó el 24 de marzo de 2020 el uso del cubrebocas, donde se recomendó su uso solo a personas con alguna infección respiratoria, sus cuidadores y los profesionales de la salud, además de toda la

población en general cuando se encontrara en espacios públicos como el transporte, o al estar en contacto con más personas y donde no se pudiera mantener las medidas de sana distancia (32).

La Secretaría de movilidad implementó las siguientes medidas a partir del 11 de marzo del año 2020 (33):

- En el Sistema de Transporte Colectivo (STC) Metro, Metrobús y Tren Ligero se realizó un cierre temporal del 20% de estaciones con menor demanda (38 estaciones de Metro, 47 de Metrobús y cuatro de Tren Ligero) dejando de operar por mes y medio.
- Implementación del programa “Hoy No Circula Extraordinario” para todos los vehículos particulares, con excepción del personal de salud y servicios esenciales.
- Ampliación del tiempo de uso para los usuarios de ECOBICI.
- Desinfección del transporte público mediante un proceso físico o químico y desinfección constante de partes con mayor contacto (asientos, pasamanos, puertas, ventanas, timbres y volantes del operador).
- Medidas sanitarias: dosificación de pasajeros dentro y fuera de estaciones para mantener sana distancia en espacios de espera, señalización de sana distancia colocando marcas en el piso, uso correcto y obligatorio de cubrebocas y distribución de gel antibacterial en los diferentes transportes públicos.
- Se dio la instrucción de mantener abiertas las ventanas de las unidades de transporte de los distintos sistemas.

Con estas medidas se tuvo una disminución en los viajes realizados en la Ciudad de México y se observó que desde el martes 17 de marzo de 2020 se registraron reducciones diarias en la afluencia del transporte público (33).

### **Servicios de salud**

El sistema de salud en nuestro país principalmente está conformado por dos sectores; el público y privado y con la llegada de la COVID-19 pudimos observar

algunas estrategias implementadas por el gobierno. La principal fue la reconversión hospitalaria con el objetivo de brindar atención a la población mexicana con infección por el virus del SARS-CoV-2 garantizando la atención médica oportuna, de calidad y con eficiencia de los recursos humanos, materiales y financieros. La reconversión hospitalaria consideró la capacidad instalada de cada unidad médica y así atender oportunamente la demanda en cada entidad del país, como lo fue en la Ciudad de México. Pese a la reconversión hospitalaria, se crearon unidades temporales para atender a pacientes con la COVID-19 en diferentes zonas de la Ciudad como respuesta a la necesidad de ampliar la capacidad de atención hospitalaria (34).

### **Vacunación**

La vacunación es una medida para la prevención de diferentes enfermedades. La creación de una vacuna contra la COVID-19 que fuera segura y eficaz, fue un esfuerzo a nivel mundial que observamos por las numerosas vacunas en fase de desarrollo; se debe tomar en cuenta que el uso de mascarillas faciales, lavado de manos, ventilación en los espacios interiores, mantener el distanciamiento físico y evitar lugares concurridos debe continuar ya que el hecho de estar vacunados no significa dejar de realizar las medidas preventivas. Actualmente se continúa investigando la protección que nos dan las vacunas contra la enfermedad, la infección y la transmisión.

La OMS validó el uso de vacunas contra la COVID-19, comenzando la vacunación en diciembre del año 2020. Se han desarrollado diferentes tipos de vacunas y actualmente 9 vacunas se han incluido en la lista de la OMS de uso de emergencia (35):

- Vacunas con virus inactivados: Sinopharm, CoronaVac de Sinovac, BBV152 (Covaxin) de Bharat Biotech.
- Vacunas basadas en proteínas: Novavax (covavax y nuvaxovid).
- Vacunas de vectores virales: Oxford/AstraZeneca, Ad26.CoV2.S de Janssen.
- Vacunas de ARN y ADN: BNT162b2 de Pfizer-BioNTech y Moderna ARNm-1273.

En nuestro país se aplican 7 vacunas de las farmacéuticas Pfizer-BioNTech, Cansino, AstraZeneca, Sputnik V, Sinovac, Janssen y Moderna. La vacunación inició el 24 de diciembre de 2021 con la aplicación de la vacuna de la farmacéutica Pfizer-BioNTech en trabajadores de la salud y posteriormente la aplicación de diferentes vacunas a personas de 60 años o más, personas de 50 a 59 años con comorbilidades y posteriormente a la población restante mayor de 18 años, además se vacunó a los adolescentes de 12 a 17 años con comorbilidades (36).

### **Movilidad**

La movilidad es una actividad que determina la forma en que las personas se mueven para realizar sus actividades diarias, involucrando el desplazamiento de las personas de un lugar a otro, ya sea a través de sus propios medios de locomoción (caminar) o utilizando algún tipo de transporte (público, automóvil, bicicleta). El Gobierno de la Ciudad de México reconoce esta actividad como una necesidad y un derecho fundamental que le permite a las personas acceder a diferentes oportunidades de empleo, bienestar y recreación (37-39).

Durante la pandemia por COVID-19, Google puso a disposición informes de movilidad *Community Mobility Reports* (CMR), con el objetivo de proporcionar estadísticas sobre los cambios producidos en respuesta a las políticas públicas de cada país. Los informes de movilidad se generan de acuerdo con la ubicación geográfica a través del historial de ubicación (desactivado de forma predeterminada en dispositivos móviles) y en función de diferentes categorías; tiendas y ocio, supermercados y farmacias, parques, estaciones de transporte, lugares de trabajo y residencias (40). Sin embargo y por políticas de privacidad al usuario, no se da seguimiento individual, tampoco se determina la frecuencia diaria de usuarios, número de visitantes, o su duración absoluta.

Las personas usuarias de telefonía celular en la Ciudad de México representan el 84.3% (41). De forma pública se desconoce cuántos y cuáles usuarios tienen activado el historial de ubicación o la forma en la que se desplazan de una localización a otra, ya sea a pie, en bicicleta, auto propio o transporte público; esto representa una limitante al presente trabajo, por lo que se da preferencia a la

cantidad absoluta de usuarios que registraron accesos al sistema de transporte público (STC) de la Ciudad de México.

### **Movilidad en la Ciudad de México**

En México, algunos grupos de la población cuentan con la oportunidad de elegir entre distintos medios de transporte (público o privado) para moverse, pero la población más vulnerable no tiene la posibilidad de elegir (37).

De acuerdo con la Encuesta Origen-Destino (EOD) en hogares de la zona metropolitana del Valle de México (ZMVM) de 2017, hay 15.62 millones de personas de 6 años o más y que residen en la ZMVM que viajan para ir a la escuela o trabajo: 6.93 millones de personas residen en la Ciudad de México y 8.69 millones de personas corresponden a los municipios conurbados del estado de México e Hidalgo. El tipo de transporte que las personas utilizan en al menos uno de los tramos de sus viajes es el transporte público (colectivo, taxi, metro, Metrobús o Mexibús u otro transporte), el cual representa el 50.9 %, seguido del transporte privado (automóvil, motocicleta, transporte escolar o transporte personal) con un 22.3 % (42). La hora de máxima demanda de viajes en la ZMVM se considera que se realiza en horario matutino de 7:00 a 7:59 a.m. seguida de un horario vespertino de 18:00 a 18:59 horas.

### **Transporte público**

De acuerdo con la EOD realizada del 23 de enero al 3 de marzo de 2017, en la Ciudad de México, los viajes realizados en este tipo de transporte en personas mayores de 6 años que realizaron un viaje en un día entre semana es de 3.71 millones de personas, de las cuales 2.55 millones utilizan colectivo, 1.33 millones utilizan metro, 0.59 millones utilizan taxi, 0.35 millones utilizan Metrobús en al menos uno de los tramos de su(s) viaje(s) (42).

- **Metro:** La red cuenta con 12 líneas integradas por 195 estaciones. El STC Metro es utilizado como el segundo principal modo de transporte (el primero es el colectivo), transporta a 1,623 millones de personas al año, lo que corresponde a 4.9 millones de personas en un día laborable. La capacidad de los trenes depende del número de vagones, va de 1,020 pasajeros hasta

1,530. Las estaciones con mayor afluencia de personas usuarias con más de 110 mil personas en promedio al día son Indios Verdes de la Línea 3, Pantitlán de Línea A, Cuatro Caminos de Línea 2 y constitución de 1917 de Línea 8 (39,43).

- **Metrobús:** Cuenta con siete líneas y un total de 237 estaciones, transporta poco más de un millón de personas al día. La capacidad aproximada en un autobús de dos vagones es de 160 pasajeros, los que cuentan con tres vagones tienen una capacidad de 240 (39).
- **Trolebús:** Actualmente cuenta con nueve líneas. La capacidad de pasajeros por cada trolebús es de 85 personas (44).
- **Tren Ligero:** Este transporte opera en el Sur de la ciudad en las Alcaldías Coyoacán, Tlalpan y Xochimilco. Cuenta con 18 estaciones y los trenes tienen una capacidad máxima de 373 pasajeros por unidad. La afluencia de personas es de aproximadamente 110 mil usuarios al día (39).
- **Cablebús:** Es un medio de transporte que atiende zonas de alta densidad poblacional. En la CDMX existen dos líneas: la línea 1 se encuentra en la Alcaldía Gustavo A. Madero y la línea 2 en Iztapalapa. La capacidad por cabina es de 10 personas, con una capacidad máxima por día de 200,000 personas (44).
- **RTP:** La red de transporte pública de pasajeros permite la movilidad para las zonas de la periferia de la Ciudad de México, con el objetivo de tener una conexión con otros sistemas de transporte. Se cuenta con 94 rutas y en promedio transporta 325 mil a 378 mil usuarios al día (39).

### **Transporte privado**

De acuerdo con la EOD, en la Ciudad de México, los viajes realizados en este tipo de transporte son de 1.75 millones de personas, de las cuales 1.62 millones utilizan automóvil, 0.07 millones utilizan motocicleta y transporte escolar y 0.1 millones transporte de personal en al menos uno de los tramos de su(s) viaje(s) (42).

## Movilidad en el transporte público

La Secretaría de Movilidad realizó un seguimiento diario de la movilidad en el transporte público para documentar el comportamiento de la movilidad durante la pandemia por COVID-19 de las siguientes formas<sup>1</sup>:

- Las diferencias porcentuales por tipo de transporte público se obtuvieron de la siguiente manera: con base a la afluencia del año 2018 y 2019, se definieron 7 días típicos para cada tipo de transporte, se tomó en cuenta la totalidad de días de los dos años, suponiendo que la mayoría del periodo es típico, posteriormente se ajustó la afluencia de los días típicos con datos de la primera quincena de marzo 2020 y al promedio de la afluencia de los 7 días típicos previamente calculados, se le restó el promedio de la afluencia de la primera quincena de marzo con el objetivo que dicho ajuste ilustrara la operación reciente previa a COVID-19, finalmente teniendo los días típicos ajustados, se calcularon las diferencias relativas entre la afluencia preliminar de los días de contingencia por COVID-19 y la afluencia de los días típicos de la semana correspondiente.
- La afluencia total de personas por tipo de transporte público (Metro, Metrobús, Tren Ligero, Trolebús, Cablebús, RTP, Mexibus y Ecobici) y por cada día de la semana, se obtuvo sumando las entradas diarias ya sea por medio de tarjeta o boleto, lo que corresponde a números absolutos. Dicha afluencia es tomada como movilidad, dado que el ingreso de las personas al transporte público indica un desplazamiento de un lugar a otro, independientemente del lugar de destino (casa, trabajo, lugar recreativo)

Se observó que a partir de la segunda quincena de marzo de 2020 (que coincide con la Jornada Nacional de Sana Distancia) hubo disminuciones importantes en el uso del transporte público y privado (automóvil) (33).

---

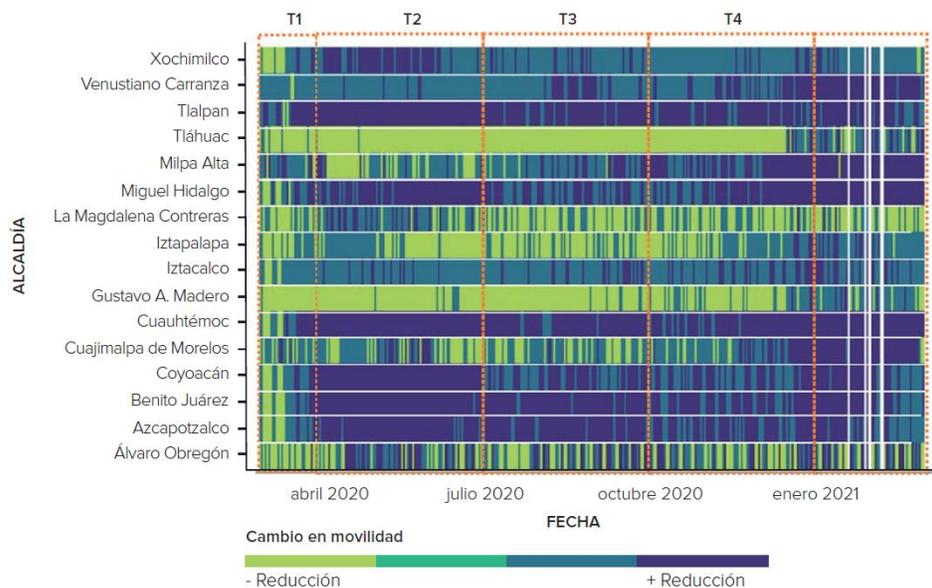
<sup>1</sup> La metodología de la movilidad fue realizada por la Secretaría de Movilidad, dicha información se solicitó a través de la Plataforma Nacional de Transparencia. No. Folio: 090163022000256.

## Movilidad durante la pandemia en la Ciudad de México

La pandemia ha afectado la movilidad en todos los países y México no fue la excepción. Tras la implementación de la Jornada Nacional de Sana Distancia el 23 de marzo de 2020 y consigo la suspensión temporal de actividades no esenciales de los sectores público, social y privado, tuvieron como resultado la disminución de la movilidad a nivel nacional (29,46).

En una publicación del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo se realizó un análisis de movilidad en la ZMVM respecto del periodo prepandemia, los datos se dividieron en cinco periodos: el primer periodo de enero a marzo 2020 (T1), el segundo periodo de abril a junio 2020 (T2), el tercer periodo de julio a septiembre 2020 (T3), el cuarto periodo de octubre a diciembre 2020 (T4) y el quinto periodo de enero a marzo 2021 (T5). En la Ciudad de México en el periodo T2 se observó una disminución de la movilidad de más del 50 % respecto al periodo prepandemia en alcaldías como Benito Juárez, Coyoacán, Cuauhtémoc y Miguel Hidalgo, otras alcaldías como Milpa Alta e Iztapalapa tuvieron reducciones más pequeñas en -6 % y -8 % respectivamente, incluso Tláhuac tuvo un incremento de su movilidad en 5 % (45)(Imagen 6).

**Imagen 6. Reducción de movilidad promedio por alcaldía en la CDMX**



**Fuente:** Tomado de Movilidad y la COVID-19: Impactos socioeconómicos en las personas y las empresas de la Zona Metropolitana del Valle de México. 2021

Con la implementación de las medidas derivadas de la pandemia de la COVID-19 por parte de la Secretaría de Movilidad en conjunto con la Jornada Nacional de Sana Distancia, contribuyeron con la reducción de la movilidad en la Ciudad de México (33).

### **Movilidad e incidencia de COVID-19**

La movilidad es necesaria para que las personas realicen sus actividades diarias. Durante la pandemia de COVID-19 hemos observado un cambio en esta, desde disminución hasta un aumento con respecto a su comportamiento típico reflejado en días o semanas previos.

En un estudio realizado en 314 ciudades de América Latina donde se obtuvieron los datos anónimos de ubicación de teléfonos móviles, dichos datos estimaron la movilidad humana en cambio porcentual (cantidad de viajes realizados fuera de la residencia de una persona en una fecha determinada en comparación con una fecha de referencia) y datos públicos de COVID-19 de cada gobierno nacional. Se llegó a la conclusión que una disminución en la movilidad en más de 10 % se asoció con una incidencia menor de COVID-19, por lo que la movilidad contribuye a la incidencia de COVID-19 (46).

Otro estudio realizado con datos de movilidad de *Google CMR*, obtiene información de personas que acceden desde las aplicaciones de Google con teléfonos móviles o dispositivos portátiles *Android*, recopilando el registro de historial de ubicación. De 135 países y datos de casos confirmados de COVID-19 recopilados por la Universidad de Johns Hopkins (JHU) se concluye que la movilidad hacia sitios que indican niveles de actividad social como supermercados y farmacias, lugares de trabajo, tránsito, venta minorista y recreación, aumentan a medida que aumentó la incidencia de casos de COVID-19 (47).

En un estudio realizado en 28 países de Europa con datos de movilidad de Google e incidencia de casos de COVID-19 con datos del Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades concluyó que la disminución en la movilidad contribuyó a la disminución en la incidencia de casos de COVID-19 (48).

En una encuesta realizada en línea en 10 diferentes países donde se recopiló información sobre los patrones de movilidad individual y las percepciones de viaje, se concluye que la población prefiere evitar el transporte público, además de que la desigualdad socioeconómica y la morbilidad está relacionado con los riesgos percibidos y es probable que la pandemia tenga un efecto a largo plazo en la elección del modo de transporte (49).

Diversos estudios concluyen que la disminución de la movilidad se correlaciona con una disminución de la COVID-19 y un aumento de la movilidad se correlaciona con un aumento en la incidencia de COVID-19 (47-49).

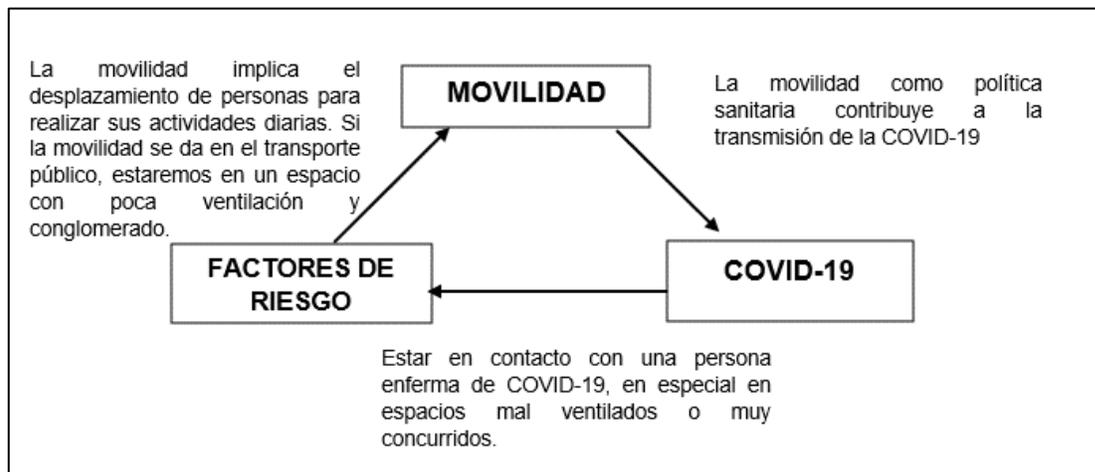
**Tabla 1. Evidencia de la movilidad y su relación con la incidencia de COVID19 en diferentes países.**

<b>Autor, año</b>	<b>País</b>	<b>Tipo de estudio</b>	<b>Movilidad asociada a la COVID-19</b>	<b>Origen de los datos de movilidad</b>
Kephart JL., et al., 2021 <b>(46)</b>	314 ciudades de América Latina	Ecológico	10% menos de movilidad semanal asociada con un 8.6% menor de incidencia de COVID-19 en la semana siguiente (*IC 95% 7.6-9.6)	Ubicación de teléfonos móviles
Sulyok M., et al., 2020 <b>(47)</b>	135 países	Ecológico	Los resultados de correlación cruzada sugieren que las reducciones de movilidad ocurrieron en algún momento antes de los aumentos en los casos de COVID-19.	Datos de Google recopilados de quienes acceden a sus aplicaciones mediante dispositivos móviles.
Vokó Z., et al., 2020 <b>(48)</b>	28 países europeos	Ecológico	Se encontró una asociación estadísticamente significativa en la incidencia diaria de COVID-19 en 23 de los 28 países, todos los hallazgos mostraron una disminución en la propagación de la pandemia.	Informes de movilidad de Google
Sy KTL, et al., 2021 <b>(53)</b>	Estados Unidos de América	Ecológico	El aumento de la movilidad se asoció con una tasa más alta de casos de COVID-19.	Número de personas que ingresan al metro

	(Nueva York)			
Oh J, et al., 2021 (54)	36 países	Ecológico	La reducción de la movilidad entre un 20% a 40% está asociada con una menor ocurrencia de casos de COVID-19. Las restricciones de movilidad fueron más efectivas al inicio de la pandemia que en fases posteriores.	Datos de Google basado en dispositivos móviles

\*IC= Intervalo de confianza

### Imagen 7. COVID-19 y movilidad



Fuente: Elaboración propia

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En diciembre del 2019 la Organización Mundial de la Salud informó la existencia de casos de neumonía viral atípica en Wuhan, China. Desde esa fecha, los casos de esta nueva enfermedad (COVID-19) se diseminaron a diversas ciudades del mundo, (el nivel de contagio y transmisión se concentró en las grandes ciudades en un 90 % de acuerdo con las Naciones Unidas). Además, la movilidad y el número de viajes internacionales que se realizan día a día contribuyó a la rápida propagación de la COVID-19 a nivel mundial.

En la Ciudad de México el sistema de transporte público es el medio más utilizado para los desplazamientos (50.9%) y un servicio esencial para el bienestar de las personas, ya que permite la accesibilidad a bienes, servicios y empleos. Durante la pandemia de COVID-19 la disminución en el uso de este tipo de transporte alcanzó el 76%, como lo observado en otros países de América Latina (50,51).

En la Ciudad de México residen 9,209,944 habitantes, siendo la primera ciudad a nivel nacional con mayor número de casos; 628,622 hasta el 17 de abril de 2021(22). Durante la pandemia el Gobierno de la Ciudad de México implementó diferentes medidas para mitigar los contagios por COVID-19, una de ellas fue limitar el acceso a los servicios de transporte público con el objetivo de disminuir el contacto de las personas que se trasladan en las ciudades, también se implementó la Jornada Nacional de Sana Distancia, que inició el 23 de marzo del 2020, donde se incluyó el distanciamiento social y la suspensión de actividades no esenciales con la finalidad de disminuir la movilidad de las personas desde su hogar a sus centros de trabajo o lugares recreativos y así disminuir el riesgo de propagación de COVID-19 (52).

Estudios previos indican que la movilidad es un factor que debería tomarse en cuenta; si no se reduce la movilidad hay mayor número de casos (53), mientras que si hay reducción en movilidad hay a su vez una disminución de casos de COVID-19 (54).

La evidencia actual respecto a la movilidad y su relación con la incidencia de COVID-19 en la Ciudad de México es limitada, la mayoría de los estudios utilizan movilidad con datos de geolocalización, sin tomar en cuenta otros datos de movilidad como los registros de acceso al transporte público.

Por otra parte, se menciona que el SARS-CoV-2, puede transmitirse por el aire en partículas de aerosol, así como en gotas de mayor tamaño o por depósitos en las superficies, por lo que la permanencia en el transporte público conlleva estar en un lugar con más personas y a su vez estar expuestos a estas partículas (14,55)

Debido a lo anterior, el presente estudio apoyaría en la toma de decisiones para la implementación o reforzamiento de las medidas sanitarias en las grandes ciudades. Por lo que es importante determinar si ¿La movilidad en el transporte público tendrá relación con la incidencia de COVID-19 en la Ciudad de México durante el 1 de marzo de 2020 al 17 de abril de 2021?

## **JUSTIFICACIÓN**

Desde los primeros casos reportados de COVID-19 en diciembre del 2019 en China, se ha observado la rápida propagación de esta enfermedad a nivel mundial, lo que llevó a los países a tomar diferentes medidas de salud pública para disminuir la transmisión entre la población, estas medidas han tenido repercusiones en diferentes sectores, tal es el caso en la movilidad y economía.

En la Ciudad de México se concentró el mayor número de casos a nivel nacional de COVID-19, al ser la segunda ciudad más poblada y la primera con la mayor densidad de población de 6,163.3 habitantes por kilómetro cuadrado.

La movilidad en la Ciudad de México es fundamental para que las personas realicen sus actividades cotidianas y el transporte público es el medio más utilizado para desplazarse de un lugar a otro.

El estudio de la movilidad durante la pandemia ha sido relativamente nuevo y poco estudiada. La ausencia de estudios sobre la movilidad en el transporte público en

las grandes ciudades y el incremento de los casos de la COVID-19, nos lleva a realizar este estudio en la Ciudad de México para obtener un conocimiento mayor de la movilidad en el transporte público y la relación con la incidencia de COVID-19. La información de este trabajo podrá ayudar a los tomadores de decisiones al ajuste o implementación de medidas de salud pública en las grandes ciudades y que beneficien a la población con el objetivo de disminuir la transmisión de la COVID-19.

## **OBJETIVOS**

### **General**

- Investigar la relación entre la incidencia de COVID-19 y la movilidad en el transporte público durante el 1 de marzo 2020 al 17 de abril 2021 en la Ciudad de México.

### **Específicos**

- Describir la afluencia en los diferentes organismos de transporte público (Metro, Metrobús, RTP, Tren Ligero, Cablebús y Trolebús) en la Ciudad de México.
- Determinar la incidencia de COVID-19 por sexo y grupo de edad durante el 1 de marzo 2020 al 17 de abril 2021 en la Ciudad de México.
- Describir los componentes de las series de tiempo de la incidencia de COVID-19 y la afluencia en el transporte público durante el 1 de marzo 2020 al 17 de abril 2021 en la Ciudad de México.
- Estimar la relación entre la incidencia de COVID-19 y la afluencia en el transporte público.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Tipo de diseño**

Se realizó estudio observacional, ecológico descriptivo y analítico de fuentes secundarias.

### **Descripción de la población**

#### **1. Universo de estudio**

Se utilizó la base de datos abierta de COVID-19 para obtener los casos incidentes, durante el periodo de 1 de marzo 2020 a 17 de abril 2021 de la Dirección General de Epidemiología, dicha información proviene del Sistema Especial de Vigilancia Epidemiológica de Enfermedades Respiratorias (SISVER).

También se utilizó la base de datos abierta de afluencia en el transporte público (red de movilidad integrada) de la Secretaría de Movilidad de la Ciudad de México (SEMOVI) se tomó la frecuencia de los seis tipos de transporte; Metro, Metrobús, Tren ligero, Trolebús, RTP y Cablebús durante el periodo de 01 de marzo 2020 a 17 de abril 2021.

#### **2. Tamaño de muestra**

En este caso no aplica, se tomaron todas las observaciones que existen en la base de datos en el periodo ya mencionado.

#### **3. Criterios de selección**

##### **Criterios de inclusión:**

- Todos los casos confirmados de COVID-19 mediante PCR-RT o prueba de antígenos, por asociación epidemiológica o dictaminación con fecha de inicio de síntomas desde 1 de marzo 2020 a 17 de abril 2021 en la Ciudad de México.
- Afluencia en los diferentes organismos de transporte público: Metro, Metrobús, Tren ligero, Trolebús, RTP y Cablebús desde el 1 de marzo 2020 a 17 de abril 2021.

### Criterios de exclusión:

- Afluencia en el transporte público del Tren Suburbano, y Ecobici.

## 4. Operacionalización de las variables

Nombre de la variable	Definición conceptual	Definición operativa	Escala	Valores o categorías
<b>Grupo de edad</b>	Conjunto de individuos que se caracteriza por pertenecer al mismo rango de edad	Personas que pertenecen a un mismo grupo de edad desde los 0 años hasta 99 y más años.	Cualitativa nominal	Grupo quinquenal de edad de 0 a 99 años y más
<b>Sexo</b>	Condición orgánica que distingue a las personas en hombres y mujeres	Identifica al sexo del paciente, tomado de la base del SISVER	Cualitativa nominal	1. Hombre 2. Mujer
<b>Tasa de Incidencia COVID-19</b>	Número de casos totales de COVID-19 entre la población en riesgo	Número de casos totales confirmados de COVID-19 mediante PCR-RT o prueba de antígenos, por asociación epidemiológica o dictaminación entre la población en riesgo	Cuantitativa continua	Número de casos por 100,000 habitantes
<b>Movilidad en el transporte público</b>	Movilidad en el transporte público (Metro, Metrobús, Trolebús, Tren Ligero, Cablebús y RTP).	Afluencia diaria de personas en el transporte público de la Ciudad de México desde el 1 de marzo 2020.	Cuantitativa discreta	Número de personas

### Análisis estadístico de los datos

Se obtuvieron las medidas de tendencia central y de dispersión de la tasa de incidencia de COVID-19 y la movilidad en el transporte público. Para obtener la incidencia de COVID-19 por 100,000 habitantes se tomó la población de la Ciudad de México del Censo de Población y vivienda 2020 realizado por INEGI (56). Se describió la incidencia de COVID-19 por grupo de edad y sexo.

Para la movilidad se sumaron la afluencia de los seis tipos de transporte público (Metro, Metrobús, Trolebús, Tren Ligero, Cablebús y RTP) para obtener la afluencia en el transporte público por día en la Ciudad de México.

Posteriormente se realizó un análisis de series de tiempo utilizando el método clásico de descomposición, no se describieron los componentes de tendencia, estacionalidad debido a que solo se cuenta con datos correspondientes al periodo de un año.

El análisis se realizó en el periodo comprendido del 1 de marzo 2020 al 17 de abril 2021.

Se realizó un análisis de series de tiempo a través de un modelo de autorregresión integrado de medias móviles (ARIMA) y considerando el componente de autocorrelación de las series temporales.

Se utilizó el software Rstudio versión 4.0 para la limpieza de las bases de datos y análisis estadístico.

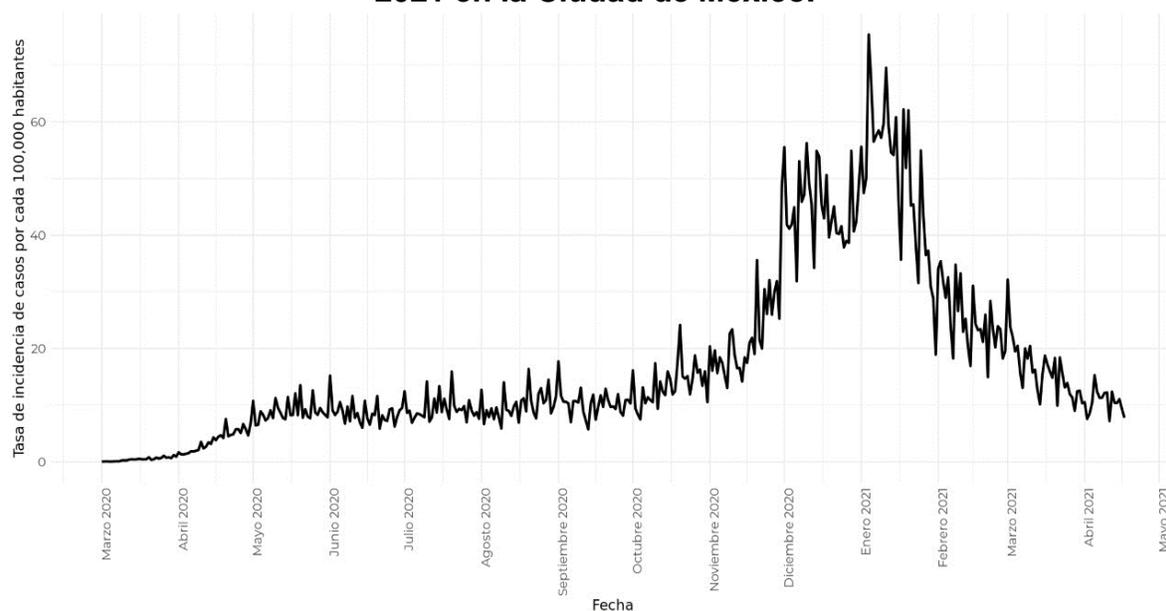
## RESULTADOS

Se analizaron 644,168 registros de casos confirmados a COVID-19 por laboratorio (RT-PCR o prueba de antígenos), asociación epidemiológica y confirmado por dictaminación de los datos abiertos provenientes del SISVER. Además, se analizaron 14,766 registros de la afluencia en el transporte público Metro, Metrobús, Cablebús, Tren Ligero, Trolebús y RTP en el periodo comprendido del 1 de marzo 2020 al 17 de abril 2021.

El aumento de casos de COVID-19 se puede observar desde inicios de abril de 2020 teniendo un aumento considerable en el mes de noviembre del mismo año y posteriormente se presentó un descenso en la segunda quincena de enero 2021 (ver gráfica 1).

La mediana de la tasa de incidencia de COVID-19 fue de 11.042(RIC= 7.882-29.260). El porcentaje de casos de COVID-19 fue de 51.6% en mujeres y 48.4% en hombres.

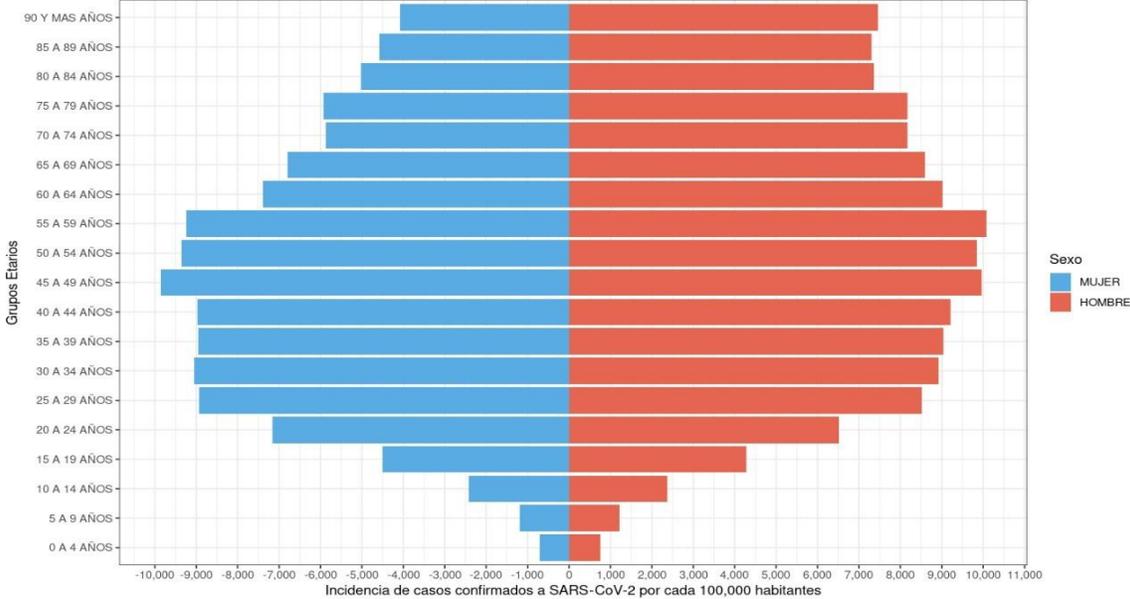
**Gráfica 1. Tasa de incidencia\* de COVID-19 del 1 de marzo 2020 al 17 de abril 2021 en la Ciudad de México.**



Fuente: Datos abiertos SISVER. \*Tasa de incidencia diaria por 100,000 habitantes. Línea punteada: inicio de la Jornada Nacional de Sana Distancia

La incidencia de COVID-19 se concentró en los grupos de edad de 25 hasta 29 años, predominando en el grupo de 45 a 49 años. El porcentaje de casos en las mujeres fue de 51.6% y en hombres del 48.4% (ver gráfica 2).

**Gráfica 2. Tasa de incidencia de casos confirmados de COVID-19 por grupo etario y sexo del 1 de marzo 2020 al 17 de abril 2021 en la Ciudad de México.**

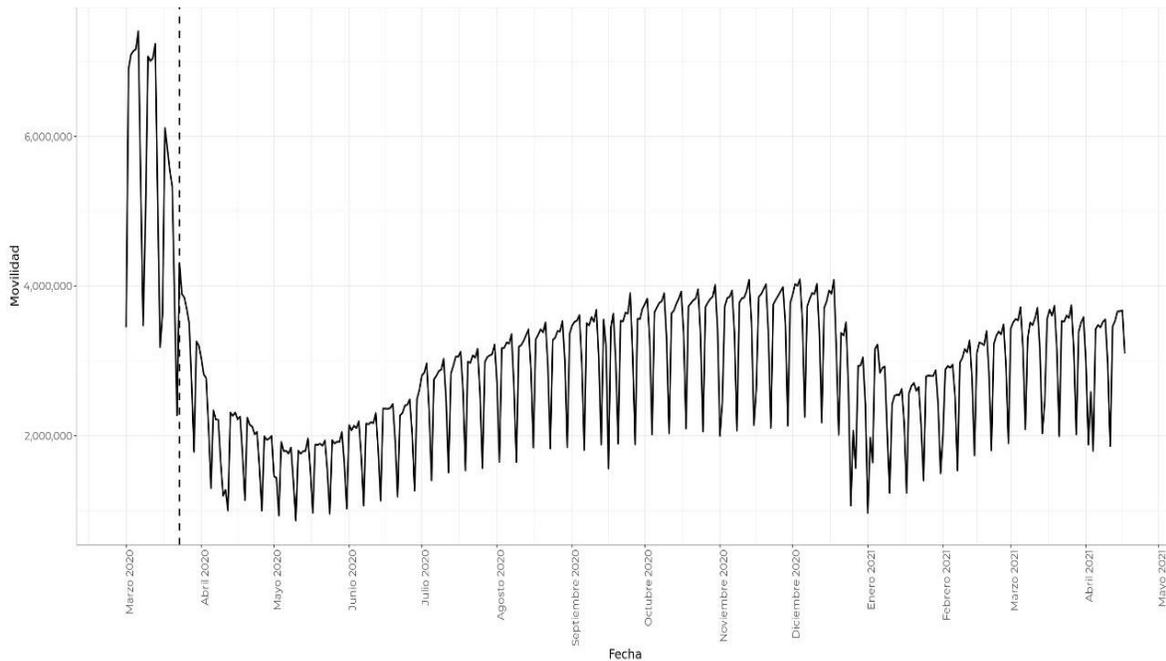


Fuente: Datos abiertos SISVER.

En la gráfica 3 se obtuvo la frecuencia de movilidad al día de los seis tipos de transporte público, se observaron caídas muy marcadas a lo largo de todo el periodo las cuales corresponden a la movilidad del domingo de cada semana. La mediana de la frecuencia de movilidad en el transporte público fue 3,033,721 (RIC= 2,123,469-3,550,882).

La disminución de la movilidad se observó días antes del inicio de la Jornada Nacional de Sana Distancia y al anunciar esta medida, la movilidad siguió en descenso.

**Gráfica 3. Movilidad diaria en el transporte público del 1 de marzo 2020 al 17 de abril 2021 en la Ciudad de México.**

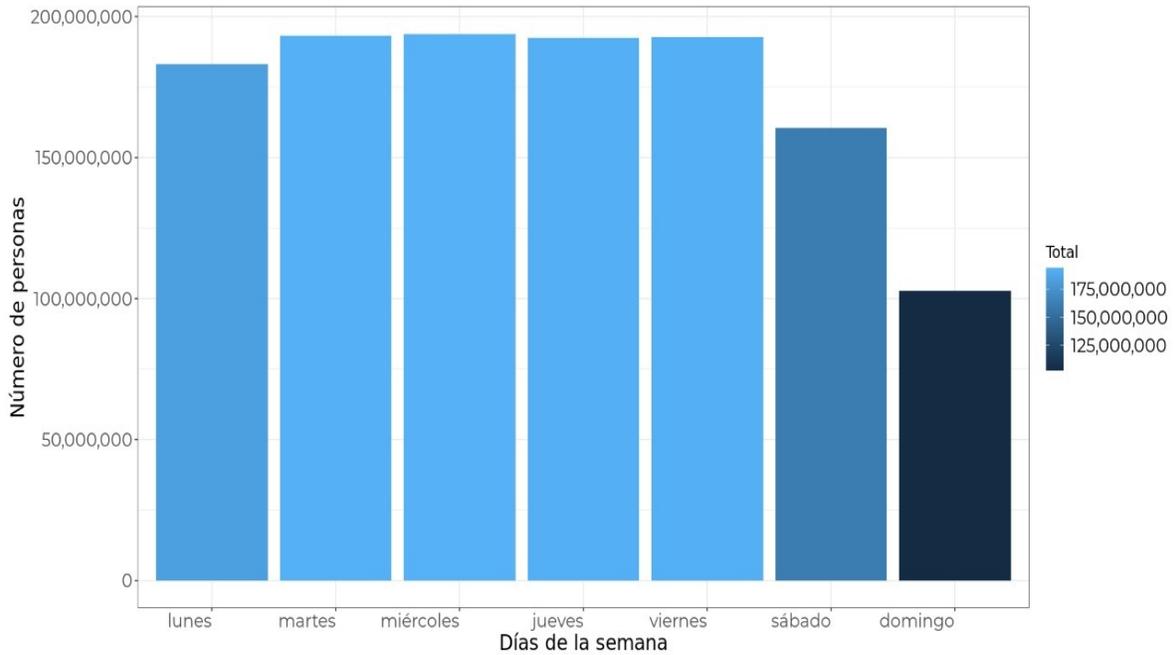


Fuente: Datos abiertos SEMOVI. Línea punteada: inicio de la Jornada Nacional de Sana Distancia

Se obtuvo la frecuencia de movilidad por días de la semana del 1 de marzo 2020 al 17 de abril 2021, donde se observó que la movilidad bajó drásticamente en domingo a comparación del resto de los días de la semana (ver gráfica 4).

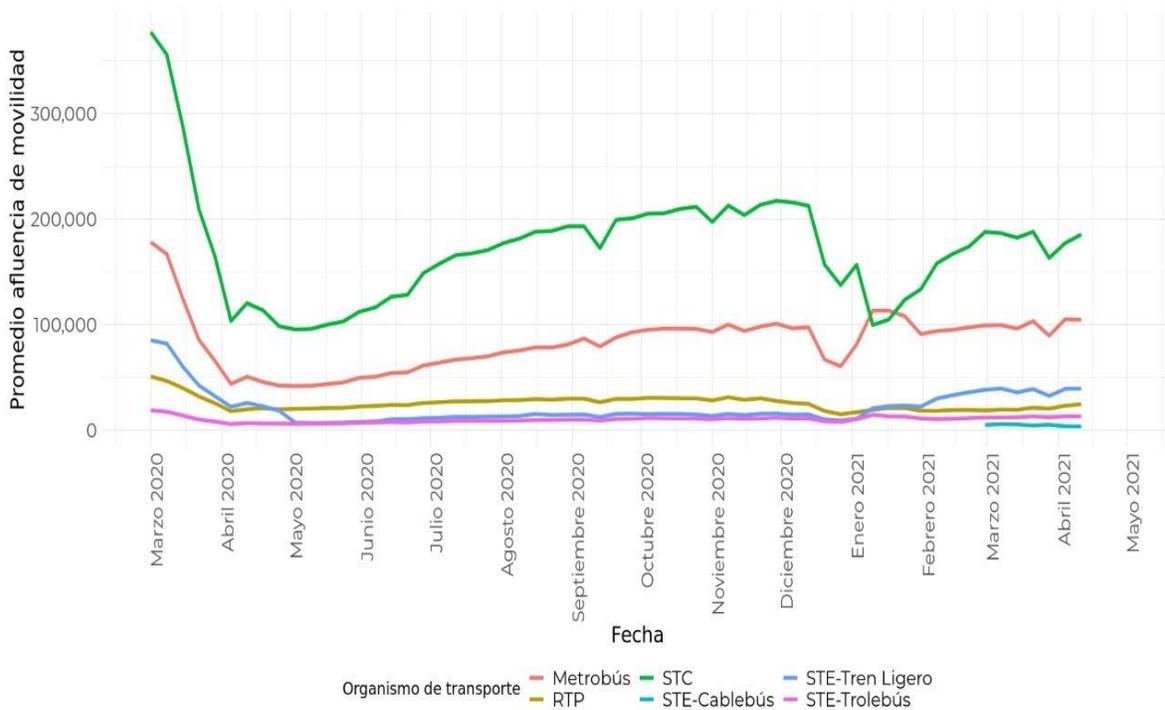
Se obtuvo la movilidad por tipo de transporte utilizado (Metro, Metrobús, RTP, Cablebús, Tren ligero y Trolebús). El descenso en la afluencia (movilidad) se observó a inicios de marzo 2020 en el transporte público, teniendo un aumento en junio del mismo año y un descenso desde diciembre 2020 a enero 2021. El tipo de transporte más utilizado es el Metro seguido del Metrobús (ver gráfica 5).

**Gráfica 4. Frecuencia de movilidad en el transporte público por días de la semana del 1 de marzo 2020 al 17 de abril 2021 en la Ciudad de México.**



Fuente: Datos abiertos SEMOVI.

**Gráfica 5. Afluencia en seis tipos de transporte público del 1 de marzo 2020 al 17 de abril 2021 en la Ciudad de México.**



Fuente: Datos abiertos SEMOVI.

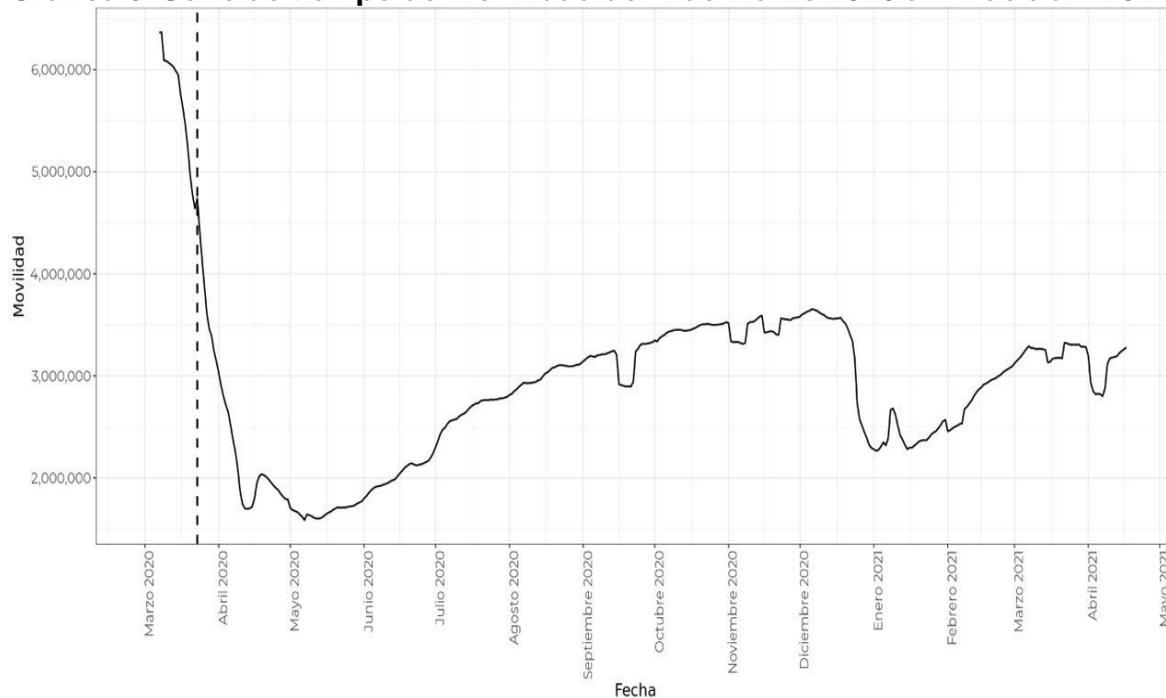
## Descripción de series de tiempo

Se suavizaron los datos de incidencia de COVID-19 y movilidad a través de la función media móvil simple (MA por sus siglas en inglés) donde se tomó una ventana de 7 días y se utilizó la media aritmética para promediar las observaciones.

El comportamiento de la movilidad en el transporte público mostró una disminución a inicios de marzo del año 2020, lo cual se vio intensificado con el inicio de la Jornada Nacional de Sana Distancia. A mediados de mayo y junio el aumento de la movilidad fue sostenido, coincidiendo con el inicio de la nueva normalidad. En la segunda quincena de diciembre y principios de enero se observó una disminución de la movilidad (ver gráfica 6 y 8).

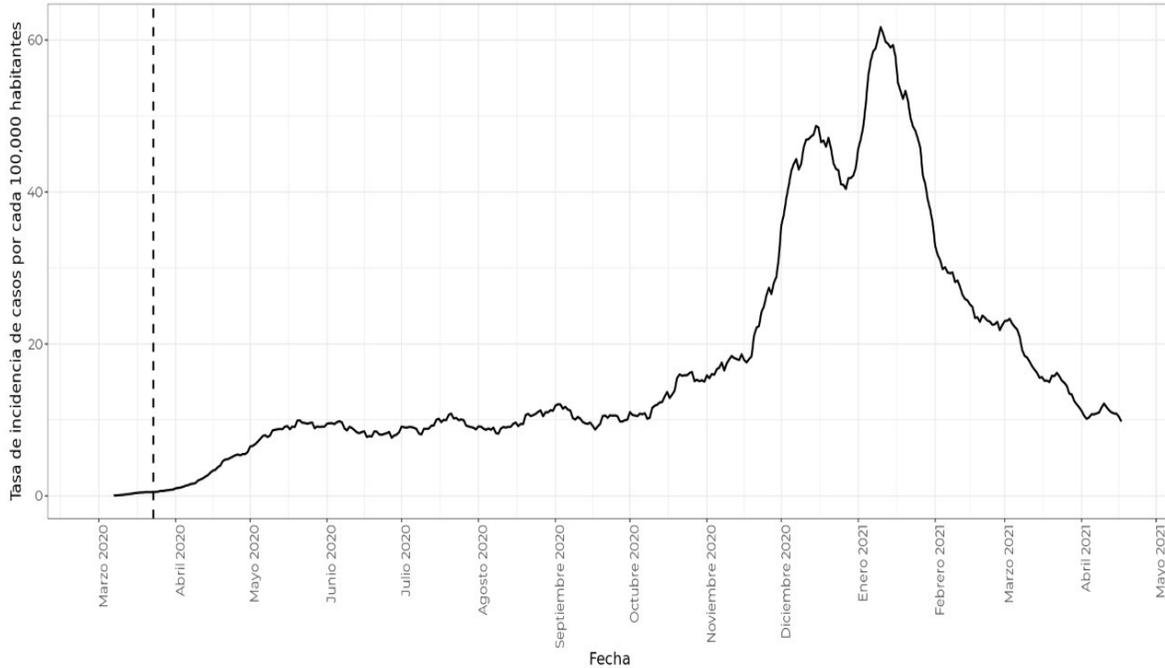
La incidencia de COVID-19 aumentó desde abril 2020 y tuvo un incremento sostenido en los meses de mayo a octubre del mismo año. En noviembre la incidencia volvió a aumentar hasta llegar a un punto máximo en el mes de enero del año 2021, posteriormente se presentó un descenso (ver gráfica 7 y 8).

**Gráfica 6. Serie de tiempo de movilidad del 1 de marzo 2020 al 17 de abril 2021.**



Fuente: Datos abiertos SEMOVI. Línea punteada: inicio de la Jornada Nacional de Sana Distancia.

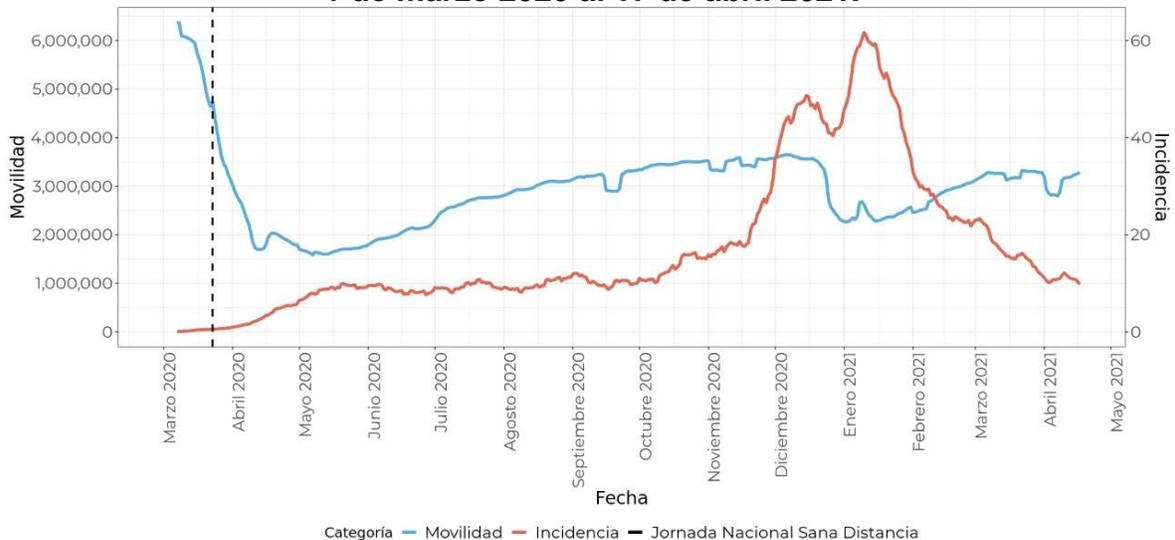
**Gráfica 7. Serie de tiempo de tasa de incidencia de COVID-19 del 1 de marzo 2020 al 17 de abril 2021.**



Fuente: Datos abiertos SISVER Línea punteada: inicio de la Jornada Nacional de Sana Distancia.

La descripción de estacionalidad, tendencia de los datos no se realizó debido a que solo se cuenta con datos correspondientes al periodo de un año, se analizó la estacionariedad de los datos a través de la prueba de Dickey-Fuller.

**Gráfica 8. Serie de tiempo de movilidad y tasa de incidencia de COVID-19 del 1 de marzo 2020 al 17 de abril 2021.**



Fuente: Datos abiertos SISVER y SEMOVI. Línea punteada negra: inicio de la Jornada Nacional de Sana Distancia.

## Componentes de las series de tiempo

Se obtuvieron de la serie de tiempo de incidencia de COVID-19 los componentes de esta. El análisis se realizó con el modelo clásico de descomposición  $(p,d,q)$ , donde  $p$  son los rezagos con autocorrelación,  $d$  son las diferencias que se necesitan para obtener estacionariedad y  $q$  número de medias móviles (suavizamiento de la serie).

## MODELO ARIMA

**Tabla 1. Componentes ARIMA de la tasa de incidencia de COVID-19**

ARIMA	$(p,d,q)**$	AIC	$p^*$
CDMX	(5,1,3)	726.56	0.8412

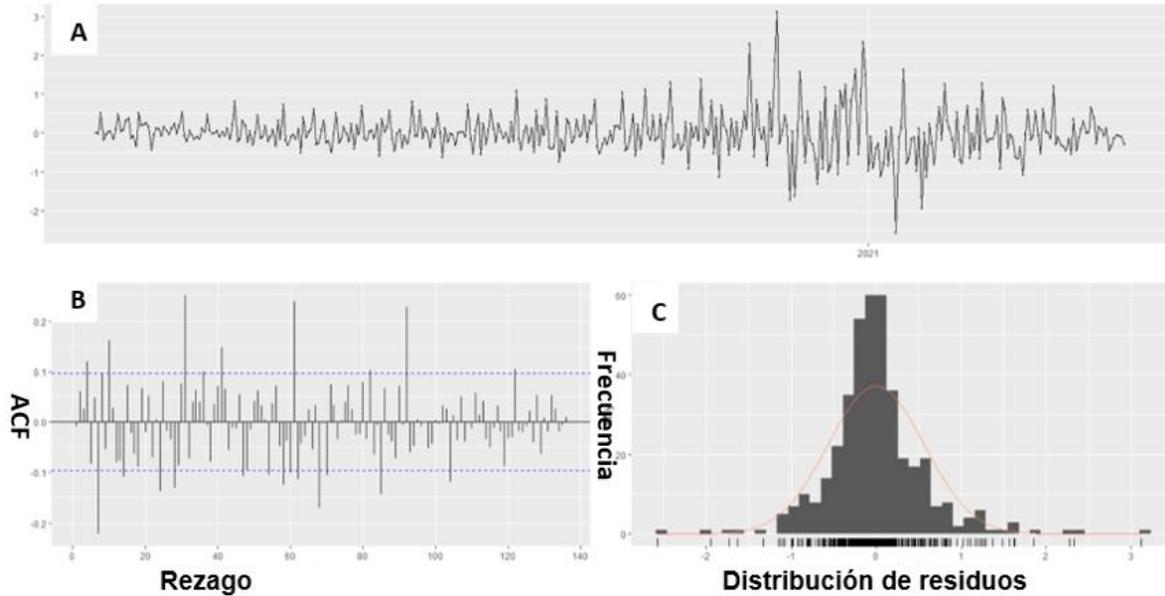
\*p Test de Ljung-Box.

El componente de autocorrelación se analizó a través de las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial, donde se observó que dicho componente tiene significancia en los rezagos hasta 5 unidades temporales (día). Se seleccionaron los rezagos mediante AIC más bajo.

La estacionariedad fue analizada mediante la prueba de Dickey-Fuller, posteriormente se obtuvo una diferencia ( $p=.01$ ). La tendencia fue realizada mediante el suavizamiento de la serie de tiempo con medias móviles de orden 3.

La selección de los componentes para el modelo ARIMA ( $p=5$ ,  $d=1$ ,  $q=3$ ) se seleccionó de acuerdo con el AIC más bajo y la evaluación de los residuos se realizó con la prueba de Ljung-Box obteniendo  $p= 0.8412$  para el rezago 5.

### Imagen 8. Análisis de residuos ARIMA (5,1,3).



Gráfica A: Distribución temporal de residuos ( $d=1$ ). Gráfica B: Función de autocorrelación de residuos. Gráfica C: Distribución de residuos.

### MODELO ARIMAX

Se obtuvo el modelo ARIMAX basándose en la selección de los componentes del modelo ARIMA de acuerdo con el AIC más bajo. Se incluyó la serie de tiempo exógena (movilidad) y la serie de tiempo incidencia de COVID-19. El componente de aleatoriedad de este modelo fue evaluado por la prueba de Ljung-Box obteniendo un valor de  $p=0.8472$ , para el rezago 5.

**Tabla 2. Componentes ARIMAX**

ARIMAX	$(p,d,q)**$	AIC	$p^*$
CDMX	(5,1,3)	713.37	0.8472

\*p Test de Ljung-Box.

## DISCUSIÓN

Los datos de movilidad en el transporte público mostraron una reducción importante al inicio de la pandemia lo que sugiere que esta reducción pudo estar asociada con la implementación adecuada de la Jornada Nacional de Sana Distancia, a su vez la tasa de incidencia de COVID-19 tuvo un aumento lento desde el inicio de la Jornada. Lo encontrado por otros autores concluyen que cambios en la movilidad (reducción o aumento) tiene efecto de 5 a 10 días posteriores en los casos de COVID-19 (reducción o aumento) (46, 47,53).

La movilidad en el transporte público tuvo un efecto sobre la incidencia de COVID-19 en su rezago 5. Estos hallazgos son comparables como lo encontrado en India por Zargari donde el aumento en la movilidad tuvo un efecto significativo en el número de casos de COVID-19 en los días posteriores (59). Nuestro modelo con un rezago 5 y una diferencia de 1 coincide con lo encontrado en Irán por Thayer donde los modelos con un rezago de 4 a 6 días funcionaron mejor que otros modelos mostrando una reducción significativa en la tasa de incidencia de COVID-19 después de la disminución de la movilidad (60).

Nuestro modelo ARIMAX se ajustó mejor en su rezago 5 de acuerdo con el AIC más bajo, sugiriendo una asociación entre los cambios de la movilidad y la incidencia de COVID-19. En el estudio realizado en 314 ciudad de América Latina por Kephart y colaboradores encontraron que los cambios de la movilidad y la posterior incidencia de COVID-19 tuvo una asociación más fuerte con un retraso de una semana (7 días) (46).

Nuestros resultados del rezago de 5 días se podrían explicar por el promedio del periodo de incubación de la infección por SARS-CoV-2, desde la infección hasta el inicio de la sintomatología, y de la confirmación de casos debido a que depende del acceso a los servicios de salud y la toma de muestra.

## **LIMITACIONES**

Los datos de movilidad al ser de bases abiertas no describen en su metodología si hubo un proceso de validación de los datos. Además, se desconocen otros factores que pudieron modificar la tasa de incidencia de COVID-19 en la población de la Ciudad de México, ya que estos datos no permiten conocer el nivel de exposición al virus dentro del transporte, como el tiempo y la concentración de cargas virales en el ambiente, ni las condiciones de ventilación ni de sana distancia al interior del transporte público.

Al ser un estudio ecológico, la unidad de análisis es la población, no el individuo, por lo que no se puede establecer una asociación entre la movilidad de un individuo y su riesgo de padecer la enfermedad. La principal limitación es la denominada falacia ecológica al querer atribuir las características de la población estudiada a un individuo.

## **CONCLUSIONES**

En este estudio se encontró evidencia que existe relación entre los cambios en la movilidad en el transporte público y la tasa de incidencia de COVID-19 en la CDMX, dicha relación está mejor representada en el rezago 5 (días), explicándose por el promedio de incubación del SARS-CoV-2. Días después de un descenso de la movilidad, se dan los cambios en la incidencia de COVID-19.

Los resultados concuerdan con los estudios realizados en otros países, aunque en este trabajo se evaluó la movilidad en el transporte público, el término movilidad es utilizado como el desplazamiento de personas de un lugar a otro, en nuestro caso es el desplazamiento de personas mediante el transporte público.

Las medidas implementadas por el Gobierno de la Ciudad de México, como el inicio de la Jornada Nacional de Sana Distancia tienen un impacto en la disminución de la movilidad en el transporte público en la CDMX.

La implementación de medidas preventivas sanitarias, la comunicación de riesgos a la población ante un nuevo virus que se transmite por secreciones respiratorias, es lo que contribuirá en la contención de los brotes epidémicos. La movilidad de la población en condiciones de seguridad es un derecho reconocido por nuestra constitución y de muchos países, lo que implica contar con transporte público equipado y preparado para disminuir el riesgo de adquirir una enfermedad transmisible.

La promoción de medidas preventivas en la población como lo fue disminuir la movilidad durante la pandemia provocada por el SARS-COV2, en un inicio desconocido, justifica que se reduzca la movilidad y se acompañe de otra serie de medidas como el uso de cubrebocas para disminuir contagios y eventos lamentables en la población.

## CONSIDERACIONES ÉTICAS

El presente trabajo está basado en los principios fundamentales de la ética de la investigación: respeto por las personas, reconociendo su dignidad y el principio de protección de cada una de ellas; así como la no maleficencia, ya que los riesgos al realizar este estudio son nulos, el estudio se realiza con el objetivo de generar nuevo conocimiento.

Se cumple con los principios establecidos en la Ley General de salud; en su título quinto el cual aborda investigación para la salud, capítulo único, artículo 100, mencionando que la investigación deberá adaptarse a los principios científicos y éticos que justifican la investigación médica, especialmente en lo que se refiere a su posible contribución a la solución de problemas de salud y al desarrollo de nuevos campos de la ciencia médica (57).

Esta investigación se considera sin riesgo, ya que las fuentes de datos son secundarias, sin el contacto con pacientes o intervención o modificación intencionada en las variables fisiológicas, psicológicas y sociales de los pacientes.

De igual manera, la investigadora principal se compromete y se responsabiliza a resguardar la base de datos y la información generada para el cumplimiento de los objetivos de esta investigación. Se enfatiza que dicha investigación se realizará luego que, el protocolo sea evaluado por los Comités de Investigación y Ética de la Dirección General de Epidemiología, los cuales son independientes del equipo de investigación de este estudio.

De acuerdo con la Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados, en su título primero, Capítulo I, en el Artículo 3 Numeral IX: Datos Personales se refiere a cualquier información concerniente a una persona física e identificada o identificable. Se considera que una persona es identificable cuando su identidad pueda determinarse directa o indirectamente a través de cualquier información. Artículo 3 Numeral XIV: Documento de seguridad, instrumento que describe y da cuenta de manera general sobre las medidas de seguridad técnicas, físicas y administrativas adoptadas por el responsable para garantizar la

confidencialidad, integridad y disponibilidad de los datos personales que posee. Artículo 3 numeral XXI: Medidas de seguridad administrativas, son las políticas y procedimientos para la gestión, soporte y revisión de la seguridad de la información a nivel organizacional, la identificación, clasificación y borrado seguro de la información, así como, la sensibilización y capacitación del personal, en materia de protección de datos personales. Con base en lo ya mencionado las bases de datos serán resguardadas con encriptación, lo cual garantiza confidencialidad de los datos (58).

El beneficio de este estudio será generar nuevo conocimiento respecto a la incidencia de COVID-19 y la movilidad en el transporte público, con lo cual se pretende identificar la movilidad y la relación con la incidencia de COVID-19, ya que de ser estudiados podrían ser de utilidad en la implementación de políticas públicas relacionadas con las medidas sanitarias con la finalidad de disminuir los casos de COVID-19.

Finalmente, la investigadora principal declara que no existe conflicto de interés, así como, de los asesores del proyecto.

## **RECURSOS MATERIALES, HUMANOS Y FINANCIEROS**

### **1) Recursos materiales**

- Equipo de cómputo personal.
- El software que se utilizará para el análisis estadístico será RStudio versión 4.0.
- Paquete de Microsoft Office (Word, Excel y Power Point).

### **2) Recursos humanos**

- Investigador principal: Dra. Daniela Valdez Hernández, residente de tercer año de epidemiología de la Dirección General de Epidemiología de la Secretaría de Salud.
- Directora de tesis: Dra. Paola Olmos Rojas, Directora del Programa de prevención de lesiones.

- Asesor metodológico de tesis: Dr. Alessio David Scorza Gaxiola, médico especialista adscrito a la Unidad de Inteligencia Epidemiológica y Sanitaria Federal.
- Asesor metodológico de tesis: M. en C. Alan García Zambrano, colaborador en la Unidad de Inteligencia Epidemiológica y Sanitaria Federal.

### **3) Recursos financieros**

Beca otorgada por parte de la residencia médica en epidemiología de la Dirección General de Epidemiología de la Secretaría de Salud.

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

2022								
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
Elaboración del protocolo de investigación								
Envío a Comité de Investigación/Ética								
Limpieza de bases de datos								
Análisis estadístico								
Resultados								
Redacción de la tesis								
Revisión documento final								

## **GLOSARIO**

**AIC:** Criterio de Información de Akaike

**ARIMA:** Modelo Autorregresivo Integrado de Media Móvil

**ARIMAX:** Modelo Autorregresivo Integrado de Media Móvil con variables Exógenas

**ARN:** Ácido Ribonucleico

**CDMX:** Ciudad de México

**CMR:** Informes de Movilidad Comunitaria

**CoV:** Coronavirus

**ECA2:** Enzima Convertidora de Angiotensina 2

**EOD:** Encuesta Origen-Destino

**ESPII:** Emergencia de Salud Pública de Importancia Internacional

**IC:** Intervalo de Confianza

**InDRE:** Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológica

**INEGI:** Instituto Nacional de Estadística y Geografía

**MERS-CoV-2:** Síndrome Respiratorio de Medio Oriente

**OMS:** Organización Mundial de la Salud

**RIC:** Rango intercuartílico

**RTP:** Red de Transporte de Pasajeros

**RT-PCR:** Reacción en Cadena de Polimerasa con Transcriptasa Reversa

**S.E:** Semana Epidemiológica

**SARS-CoV:** Síndrome Respiratorio Agudo Severo

**SARS-CoV-2:** Síndrome Respiratorio Agudo Severo por Coronavirus tipo 2

**SEMOVI:** Secretaría de Movilidad

**SISVER:** Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Enfermedades Respiratorias

**STC:** Sistema de Transporte Colectivo (Metro)

**USMER:** Unidad de Salud Monitora de Enfermedad Respiratoria Viral

**VOC:** Variante de Preocupación

**VOI:** Variante de Interés

**ZMVM:** Zona Metropolitana del Valle de México

## REFERENCIAS

1. Organización Mundial de la Salud. Cronología de la OMS [Internet]. 2020 [citado el 5 de octubre 2021]. Disponible en: <https://www.who.int/news/item/27-04-2020-who-timeline---covid-19>
2. The Novel Coronavirus Pneumonia Emergency Response Epidemiology Team. The Epidemiological Characteristics of an Outbreak of 2019 Novel Coronavirus Diseases (COVID-19) China, 2020. *China CDC Wkly.* 2020; 2(8): 113–22.
3. Hu B, Guo H, Zhou P, Shi ZL. Characteristics of SARS-CoV-2 and COVID-19. *Nat Rev Microbiol.* 2021; 19(3): 141-154.
4. Kirtipal N, Bharadwaj S, Kang SG. From SARS to SARS-CoV-2, insights on structure, pathogenicity and immunity aspects of pandemic human coronaviruses. *Infect Genet Evol.* 2020; 85: 104502.
5. Fertig TE, Chitoiu L, Terinte-Balcan G, Peteu V, Marta D, Gherghiceanu M. The atomic portrait of SARS-CoV-2 as captured by cryo-electron microscopy. *J Cell Mol Med.* 2022; 26(1): 25-34.
6. Rahimi A, Mirzazadeh A, Tavakolpour S. Genetics and genomics of SARS-CoV-2: A review of the literature with the special focus on genetic diversity and SARS-CoV-2 genome detection. *Genomics.* 2021; 113(1): 1221-1232.
7. Kadam SB, Sukhramani GS, Bishnoi P, Pable AA, Barvkar VT. SARS-CoV-2, the pandemic coronavirus: Molecular and structural insights. *J Basic Microbiol.* 2021; 61(3): 180-202.
8. Woodby B, Arnold MM, Valacchi G. SARS-CoV-2 infection, COVID-19 pathogenesis, and exposure to air pollution: What is the connection?. *Ann N Y Acad Sci.* 2021; 1486(1): 15-38.
9. Organización Mundial de la Salud. Seguimiento de las variantes del SARS-CoV-2 [Internet]. 2021 [citado el 16 de mayo 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/es/activities/tracking-SARS-CoV-2-variants>
10. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Vigilancia de variantes del virus SARS-CoV-2 [Internet]. México. 2021 [citado el 16 de mayo 2022]. Disponible en: <https://salud.conacyt.mx/coronavirus/variantes/>
11. Bhat EA, Khan J, Sajjad N, Ali A, Aldakeel FM, Mateen A, et al. SARS-CoV-2: Insight in genome structure, pathogenesis and viral receptor binding analysis – An updated review. *Int Immunopharmacol.* 2021; 95: 107493.
12. Organización Mundial de la Salud. Transmisión del SARS-CoV-2: repercusiones sobre las precauciones en materia de prevención de infecciones. [Internet]. 2020 [Citado el 21 de enero 2022]. Disponible en: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/333390/WHO-2019-nCoV-Sci\\_Brief-Transmission\\_modes-2020.3-spa.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/333390/WHO-2019-nCoV-Sci_Brief-Transmission_modes-2020.3-spa.pdf)
13. Delikhoon M, Guzman MI, Nabizadeh R, Baghani AN. Modes of Transmission of Severe Acute Respiratory Syndrome-Coronavirus-2 (SARS-CoV-2) and Factors Influencing on the Airborne Transmission: A Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2021; 18(2): 1-18.

14. Jarvis MC. Aerosol Transmission of SARS-CoV-2: Physical Principles and Implications. *Front Public Health*. 2020; 8: 590041.
15. Centers for Disease Control and Prevention. SARS-CoV-2 Transmission [Internet]. 2021 [citado el 14 de diciembre 2021]. Disponible en: [https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/science/science-briefs/sars-cov-2-transmission.html?CDC\\_AA\\_refVal=https%3A%2F%2Fwww.cdc.gov%2Fcoronavirus%2F2019-ncov%2Fscience%2Fscience-briefs%2Fscientific-brief-sars-cov-2.html](https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/science/science-briefs/sars-cov-2-transmission.html?CDC_AA_refVal=https%3A%2F%2Fwww.cdc.gov%2Fcoronavirus%2F2019-ncov%2Fscience%2Fscience-briefs%2Fscientific-brief-sars-cov-2.html)
16. Wang CC, Prather KA, Sznitman J, Jimenez JL, Lakdawala SS, Tufekci Z, et al. Airborne transmission of respiratory viruses. *Science*. 2021; 373(6658): eabd9149.
17. Hussein T, Löndahl J, Thuresson S, Alsved M, Al-Hunaiti A, Saksela K, et al. Indoor Model Simulation for COVID-19 Transport and Exposure. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 18(6): 2927.
18. Jiménez García M, Gómez Miranda P, Tavera Cortes ME, Martínez Ortega MD los Ángeles, Pérez Soto F. Factores sociales que influyen en aumentar el contagio de la covid-19 en México. *RIDE*. 2022;12(24).
19. Instituto Mexicano del Seguro Social. Acercando el IMSS al Ciudadano [Internet]. 2022 [citado el 7 de marzo 2022]. Disponible en: <https://www.imss.gob.mx/covid-19/documentacion>
20. Organización Mundial de la Salud. Enfermedad por coronavirus (COVID-19) Actualización epidemiológica semanal [Internet]. 2019 [citado el 14 de diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.who.int/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>
21. Secretaría de Salud. Informe Técnico Diario COVID19 2021 [Internet]. 2021 [citado el 8 de febrero 2022]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/documentos/informacion-internacional-y-nacional-sobre-nuevo-coronavirus-2021>
22. Secretaría de Salud. Coronavirus COVID19 Comunicados Técnicos Diarios Históricos 2020 [Internet]. 2020 [citado el 14 de diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/acciones-y-programas/coronavirus-covid-19-comunicados-tecnicos-diarior-historicos-2020>
23. Secretaría de Salud. Lineamiento Estandarizado para la Vigilancia Epidemiológica y por Laboratorio de la Enfermedad Respiratoria Viral [Internet]. 2022 [citado el 27 de marzo 2022]. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/715464/Lineamiento\\_VE\\_y\\_Lab\\_Enf\\_Viral\\_05042022.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/715464/Lineamiento_VE_y_Lab_Enf_Viral_05042022.pdf)
24. Organización Mundial de la Salud. Recomendaciones sobre el uso de mascarillas en el contexto de la COVID-19: orientaciones provisionales [Internet]. 2020 [citado el 4 de febrero 2022]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/331789>
25. Organización Mundial de la Salud. Uso de mascarillas en el contexto de la COVID-19: orientaciones provisionales [Internet]. 2020 [citado el 4 de febrero 2022]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/337833>
26. Flaxman S, Mishra S, Gandy A, Unwin HJT, Mellan TA, Coupland H, et al. Estimating the effects of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 in Europe. *Nature*. 2020; 584: 57-261.

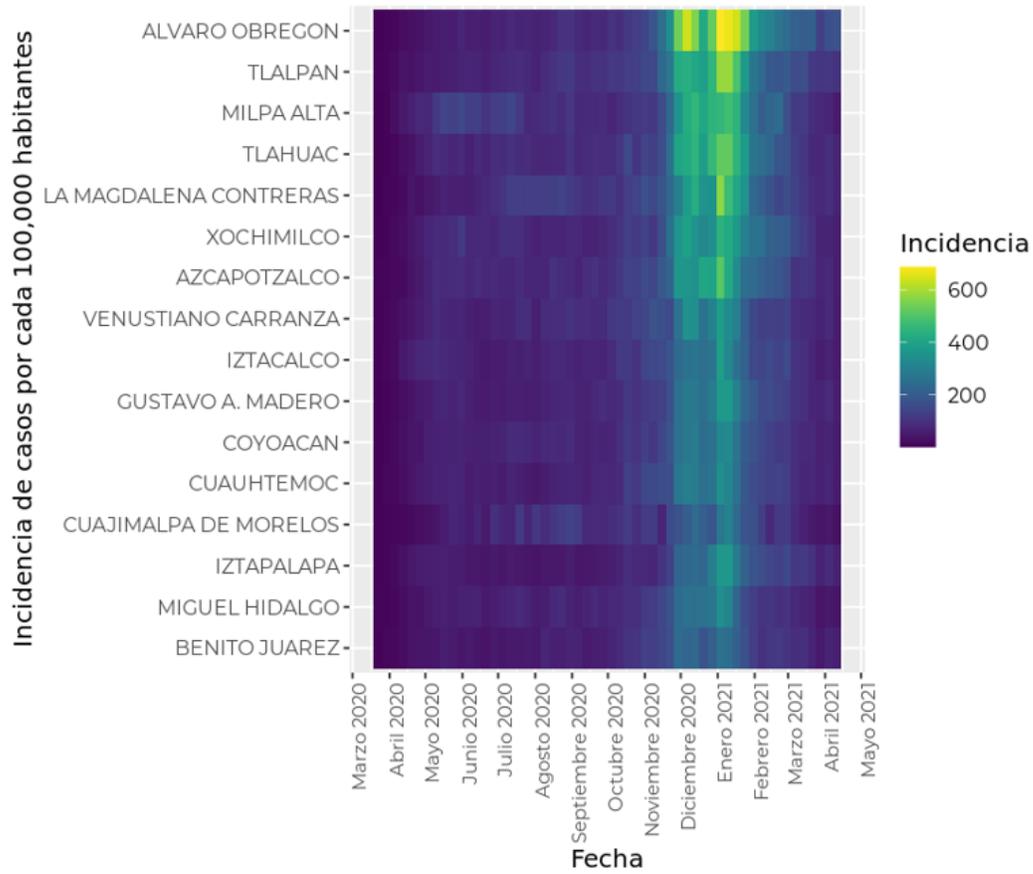
27. Gobierno de China. Acción de China para combatir la nueva epidemia de neumonía por COVID-19. [Internet]. China. 2020 [citado el 11 de junio 2022]. Disponible en: [http://www.gov.cn/zhengce/2020-06/07/content\\_5517737.htm](http://www.gov.cn/zhengce/2020-06/07/content_5517737.htm)
28. Acuerdo por el que se establecen acciones extraordinarias para atender la emergencia sanitaria generada por el virus SARS-CoV2. México: Secretaría de Gobernación, Diario Oficial de la Federación; 2020.
29. Gobierno de México. Jornada Nacional de Sana Distancia. [Internet] 2020 [citado el 3 de febrero 2022]. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/541687/Jornada\\_Nacional\\_de\\_Sana\\_Distancia.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/541687/Jornada_Nacional_de_Sana_Distancia.pdf)
30. Gobierno de la Ciudad de México. Plan Gradual hacia la Nueva Normalidad. [Internet].2020. [citado el 3 de febrero 2022]. Disponible en: <https://medidassanitarias.covid19.cdmx.gob.mx/>
31. Secretaría de Salud. Lineamiento para la estimación de riesgos del semáforo por regiones COVID-19. [Internet]. 2021 [citado el 9 de febrero 2022]. Disponible en: [https://coronavirus.gob.mx/wp-content/uploads/2021/08/2021.8.18-Metodo\\_semaforo\\_COVID.pdf](https://coronavirus.gob.mx/wp-content/uploads/2021/08/2021.8.18-Metodo_semaforo_COVID.pdf)
32. Gobierno de México. USO DEL CUBREBOCA COVID-19. [Internet]. 2020 [citado el 4 de febrero 2022]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/documentos/uso-del-cubre boca?state=published>
33. Secretaría de Movilidad de la CDMX. Segundo Informe Anual Semovi. [Internet]. 2020 [citado el 3 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://www.semovi.cdmx.gob.mx/segundo-informe-anual-semovi>
34. Gobierno de México. Lineamiento de reconversión hospitalaria. [Internet]. 2020 [citado el 15 de junio de 2022]. Disponible en: <https://coronavirus.gob.mx/wp-content/uploads/2020/04/Documentos-Lineamientos-Reconversion-Hospitalaria.pdf>
35. Organización Mundial de la Salud. Enfermedad por el coronavirus (COVID-19): Vacunas. [Internet]. 2022 [citado el 12 de abril 2022]. Disponible en: [https://www.who.int/es/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/coronavirus-disease-\(covid-19\)-vaccines?adgroupsurvey=%7Badgroupsurvey%7D&gclid=Cj0KCQjwxtSSBhDYARIsAEn0thTBc7t9yX7SamVnYxPT\\_ONc\\_EYo5nowloLbR75lqEo1jgUFo0WzllsaAoHoEALw\\_wcB](https://www.who.int/es/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/coronavirus-disease-(covid-19)-vaccines?adgroupsurvey=%7Badgroupsurvey%7D&gclid=Cj0KCQjwxtSSBhDYARIsAEn0thTBc7t9yX7SamVnYxPT_ONc_EYo5nowloLbR75lqEo1jgUFo0WzllsaAoHoEALw_wcB)
36. Secretaría de Salud. Información de la vacuna – Vacuna Covid [Internet]. 2021 [citado 20 de abril 2022]. Disponible en: <http://vacunacovid.gob.mx/wordpress/informacion-de-la-vacuna/>
37. Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano. Anatomía de la movilidad en México Hacia dónde vamos. [Internet]. 2018 [citado el 24 de enero 2022]. Disponible en: [https://ciudadesytransporte.mx/wp-content/uploads/2021/06/Anatomía\\_de\\_la\\_movilidad\\_en\\_México.pdf](https://ciudadesytransporte.mx/wp-content/uploads/2021/06/Anatomía_de_la_movilidad_en_México.pdf)
38. Comisión Ambiental de la Megalópolis. ¿Qué es la movilidad sustentable? [Internet]. 2018 [citado el 27 de marzo 2022]. Disponible en: <https://www.gob.mx/comisionambiental/articulos/que-es-la-movilidad-sustentable?idiom>

39. Secretaría de Movilidad. Programa integral de movilidad de la Ciudad de México 2020-2024, Diagnóstico técnico. [Internet]. 2020 [citado el 15 abril 2022]. Disponible en: <https://semovi.cdmx.gob.mx/storage/app/media/diagnostico-tecnico-de-movilidad-pim.pdf>
40. Google. Informes de Movilidad Local sobre el COVID-19. [Internet]. 2020 [citado el 15 de junio 2022]. Disponible en: <https://www.google.com/covid19/mobility/>
41. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH)2020. [Internet]. 2020 [citado el 15 de junio 2022]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/2020/>
42. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Encuesta Origen Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México (EOD). [Internet]. 2021 [citado el 27 de enero 2022]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/533/related-materials>
43. Sistema de Transporte Colectivo Metro. Diagnóstico sobre el Servicio y las Instalaciones del Sistema de Transporte Colectivo 2013-2018. Ciudad de México, México2017.
44. Servicios de Transportes Eléctricos. Servicio de Transportes Eléctricos de la Ciudad de México. [Internet]. 2022 [citado el 31 de enero 2022]. Disponible en <https://www.ste.cdmx.gob.mx/>
45. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Movilidad y la COVID-19: Impactos socioeconómicos en las personas y las empresas de la Zona Metropolitana del Valle de México. [Internet]. 2021 [citado el 3 de febrero 2022]. Disponible en: <https://www.undp.org/es/mexico/publications/movilidad-y-la-covid-19-impactos-socioecon%C3%B3micos-en-las-personas-y-las-empresas-de-la-zona-metropolitana-del-valle-de-m%C3%A9xico>
46. Kephart JL, Delclòs-Alió X, Rodríguez DA, Sarmiento OL, Barrientos-Gutiérrez T, Ramirez-Zea M, et al. The effect of population mobility on COVID-19 incidence in 314 Latin American cities: a longitudinal ecological study with mobile phone location data. *Lancet Digit Health*. 2021; 3(11): e716- e722.
47. Sulyok M, Walker M. Community movement and COVID-19: a global study using Google's Community Mobility Reports. *Epidemiol Infect*. 2020; 148: e248.
48. Vokó Z, Pitter JG. The effect of social distance measures on COVID-19 epidemics in Europe: an interrupted time series analysis. *GeroScience*. 2020; 42(4): 1075-1082.
49. Barbieri DM, Lou B, Passavanti M, Hui C, Hoff I, Lessa DA, et al. Impact of COVID-19 pandemic on mobility in ten countries and associated perceived risk for all transport modes. *PLoS One*. 2021; 16(2).
50. Instituto de Ingeniería UNAM. Detectando el impacto del transporte público sobre la transmisión del COVID-19 en la Ciudad de México. [Internet]. 2020 [citado el 15 de junio de 2022]. Disponible en: <http://www.ii.unam.mx/es-mx/AlmacenDigital/Gaceta/Gaceta-Julio-Agosto-2020/Paginas/impacto-transporte-publico-sobre-transmision-covid-cdmx.aspx>
51. Instituto Mexicano del Transporte. Impacto del COVID-19 en el transporte público. [Internet]. 2020 [citado el 15 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.gob.mx/imt/articulos/impacto-del-covid-19-en-el-transporte-publico>

52. Centro de Investigación e Innovación en Tecnologías de la Información y Comunicación. Medición de movilidad usando Facebook, Google y Twitter. [Internet]. 2020 [citado el 10 de enero 2022]. Disponible en: [https://salud.conacyt.mx/coronavirus/investigacion/productos/movilidad/Movilidad\\_COVID19-2021-08-25.pdf](https://salud.conacyt.mx/coronavirus/investigacion/productos/movilidad/Movilidad_COVID19-2021-08-25.pdf)
53. Sy KTL, Martinez ME, Rader B, White LF. Socioeconomic Disparities in Subway Use and COVID-19 Outcomes in New York City. *Am J Epidemiol.* 2021; 190(7): 1234-1242.
54. Oh J, Lee HY, Khuong QL, et al. Mobility restrictions were associated with reductions in COVID-19 incidence early in the pandemic: evidence from a real-time evaluation in 34 countries. *Sci Rep.* 2021; 11(1): 13717.
55. Anderson EL, Turnham P, Griffin JR, Clarke CC. Consideration of the Aerosol Transmission for COVID-19 and Public Health. *Risk Analysis.* 2020 Ma; 40(5): 902.
56. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Censo de Población y Vivienda 2020. [Internet]. 2020 [ citado el 15 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
57. Ley General de Salud, 2021. México. Secretaría de Gobernación. Diario Oficial de la Federación; 2021.
58. Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados. 2017. México. Secretaría de Servicios Parlamentarios, Diario Oficial de la Federación; 2017.
59. Zargari F, Aminpour N, Ahmadian MA, Samimi A, Saidi S. Impact of mobility on COVID-19 spread - A time series analysis. *Transp Res Interdiscip Perspect.* 2022;13:100567.
60. Thayer WM, Hasan MZ, Sankhla P, Gupta S. An interrupted time series analysis of the lockdown policies in India: a national-level analysis of COVID-19 incidence. *Health Policy Plan.* 2021;36(5):620-629.

## ANEXOS

**Anexo 1. Tasa de incidencia de casos de COVID-19 por 100,000 habitantes en la CDMX por Alcaldía, 1 de marzo 2020 a 17 de abril 2021.**



## Anexo 2. Dictamen del Comité de Investigación



**SALUD**  
SECRETARÍA DE SALUD

SUBSECRETARÍA DE PREVENCIÓN  
Y PROMOCIÓN DE LA SALUD

DIRECCIÓN GENERAL  
DE EPIDEMIOLOGÍA



Ciudad de México, a 28 de julio de 2022

Oficio No. CI – 010-2022.

Asunto: Dictamen protocolo

**Dra. Daniela Valdez Hernández**  
Francisco de P. Miranda 157 - 7o Piso  
Colonia U. H. Lomas de Plateros  
C. P. 01480, CDMX

Atén Dra. Nilza Aslim Rojas Arroyo  
**Directora de Investigación  
Operativa Epidemiológica**

Realizada la revisión del protocolo CI-02/22: *"Movilidad en el transporte público y su relación con la incidencia de Covid-19 de la Ciudad de México de marzo 2020 a abril 2021"* el Comité de Investigación de la Dirección General de Epidemiología emitió el dictamen de **Aprobado**, y únicamente se sugiere hacer los cambios que se detallan a continuación:

- Cambiar el verbo en infinitivo del objetivo general de determinar a investigar.
- El penúltimo y último párrafo de la justificación son similares, quitar el penúltimo párrafo.

Sin otro particular, quedo de usted.

**Atentamente**  
**Presidente del Comité de Investigación de la  
Dirección General de Epidemiología**

  
**Dra. Guadalupe Silvia García de la Torre**

cp.- Expediente  
GSGT \* cLA \* jpr

Francisco de P. Miranda No. 157 piso 3, Col. Lomas de Plateros, Álvaro Obregón, CDMX 01480,  
Tel. (55) 5337 1769 / 5337 1749 correo electrónico: comite.investigacion.dge@salud.gob.mx



## Anexo 3. Dictamen del Comité de Ética en Investigación



**SALUD**  
SECRETARÍA DE SALUD

SUBSECRETARÍA DE PREVENCIÓN  
Y PROMOCIÓN DE LA SALUD

DIRECCIÓN GENERAL  
DE EPIDEMIOLOGÍA



Ciudad de México, a 22 de agosto de 2022

Oficio. No. CEI-012-2022

Asunto: DICTAMEN APROBADO

Dra. Daniela Valdez Hernández  
Francisco de P. Miranda No. 157-3er Piso,  
Col. Lomas de Plateros, Alcaldía Álvaro Obregón CP 01480  
P R E S E N T E.

Estimada Dra. Valdez Hernández:

Concluida la revisión del protocolo CEI 002/2022 "*Movilidad en el transporte público y su relación con la incidencia de Covid-19 de la Ciudad de México de marzo 2020 a abril 2021*" que usted presentó ante el Comité de Ética en Investigación de la Dirección General de Epidemiología, le informo que, posterior a esta revisión, se emite el dictamen de Aprobado, en atención de haber cumplido satisfactoriamente con los requerimientos y criterios éticos en el citado protocolo.

Por lo anterior, se le informa que, con este Dictamen, se compromete usted a entregar de manera trimestral los informes técnico-descriptivos parciales con los avances del protocolo, de acuerdo a las fechas que usted incluyó en su cronograma, a fin de que este Comité verifique la continuidad de la línea de investigación autorizada, así como también enviará el informe técnico-descriptivo final en los 30 días posteriores a la conclusión del estudio.

Así mismo si el presente protocolo, da lugar a la publicación de un artículo, deberá enviar copia del mismo a este Comité.

Sin otro particular, reciba las seguridades de mi consideración.

**Atentamente**

**D.C. Octaviano H. Domínguez Márquez**  
Presidente del Comité de Ética en Investigación

c.c. Nilza Aislín Rojas Arroyo. -Directora de Investigación Operativa Epidemiológica. Para su conocimiento.

OHDM/RIR/jpr

Francisco de P. Miranda No. 157 - 3, Col. Lomas de Plateros, Álvaro Obregón, CDMX 01480 Tel. (55) 5337 1769  
correo electrónico: [comite.etica.investigacion.dge@salud.gob.mx](mailto:comite.etica.investigacion.dge@salud.gob.mx) / [com.inv.eti@gmail.com](mailto:com.inv.eti@gmail.com)



**CEIGE**

COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE EPIDEMIOLOGÍA  
CONSEJO FEDERAL DE SALUD PÚBLICA

