

Experiencias y lecciones aprendidas en la lucha contra la COVID-19



OMAR MANKY
MARÍA ÁNGELA PRIALÉ
PABLO LAVADO

Editores

Fondo
Editorial



UNIVERSIDAD
DEL PACÍFICO

Experiencias y lecciones aprendidas en la lucha contra la COVID-19

OMAR MANKY
MARÍA ÁNGELA PRIALÉ
PABLO LAVADO

Editores

Fondo
Editorial



UNIVERSIDAD
DEL PACÍFICO

5. El rol del transporte urbano ferroviario en la propagación del coronavirus: evidencia de la Línea 1 del Metro de Lima

JULIO AGUIRRE Y FRANCISCO B. GALARZA

Introducción

El brote de un nuevo coronavirus, SARS-CoV-2, causante de la COVID-19 (enfermedad del coronavirus, por su acrónimo en inglés), en diciembre de 2019, en Wuhan (China), desencadenó una serie de efectos disruptivos en el mundo, que no fueron inicialmente previstos. En el Perú, dichos efectos se hicieron tangibles a partir del 6 de marzo de 2020, cuando se reportó el primer caso de infección, que obligó al Gobierno a tomar una serie de decisiones de política en materia sanitaria, social y económica, cuyas consecuencias todavía están por ser evaluadas.

Los aportes de diversos investigadores y especialistas han permitido identificar las formas de la propagación del virus, que usa a las personas infectadas como vehículo de transmisión; a saber, la falta de distancia entre las personas (Casella *et al.*, 2020), el contacto físico (apretones de manos y abrazos) (Peeri *et al.*, 2020), el contacto con objetos (pasamanos, teléfonos y manijas de puertas) (Ayitney *et al.*, 2020) y la poca ventilación (Vuorinen *et al.*, 2020), entre otros.

Precisamente por dichas formas de propagación es que, tras la declaratoria del Estado de Emergencia Nacional en el Perú, desde el 15 de marzo de 2020, una de las primeras actividades en restringirse fue el transporte público urbano (combis, buses, metro), toda vez que este constituiría, literalmente, un vehículo propicio para la propagación del virus. En particular, la Línea 1 del Metro de Lima (en adelante, Línea 1) es una de las infraestructuras de transporte masivo más utilizadas en la capital; con una extensión de 34 km, la Línea 1 es operada por 44 vagones a lo largo de 26 estaciones desplegadas en 9 distritos, entre Villa El Salvador (sudeste de Lima) y San Juan de Lurigancho (noroeste de Lima) (figura 1). Al cierre de 2019, la Línea 1 movilizaba un promedio de 550 000 pasajeros por día. A partir de la segunda mitad de julio de 2020, una vez reanudadas

algunas actividades productivas, se restringió el aforo en la Línea 1 a un máximo de 200 000 personas por día; y, para finales de 2020, conforme se iba acelerando la reactivación de la economía, se llegó a movilizar 500 000 personas por día.

Un resultado que motiva este capítulo es que, pasada la segunda ola de contagios que azotó al país (que empezó en febrero de 2021), de acuerdo con cifras del Ministerio de Salud (Minsa) y del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), se ha observado que, en Lima, el número de fallecidos por COVID-19 es menor en distritos con mayor poder adquisitivo, lo cual sugiere que la enfermedad podría afectar menos a los que tienen mayores ingresos. Sin embargo, también observamos que, en distritos de menores ingresos con similar poder adquisitivo, los niveles de contagio son distintos. Llamamos, pues, la atención en dos aspectos entre estos distritos; a saber: (i) corresponden a la ruta de la Línea 1, y (ii) los distritos con más víctimas por COVID-19 son precisamente aquellos distritos extremos en la ruta de la Línea 1: Villa El Salvador y San Juan de Lurigancho.

Figura 1
Área de influencia – Línea 1 del Metro de Lima



Fuentes: Plan de negocios 2020 – GyM Ferroviás; Ositrán (2021).

En este contexto, el objetivo de este capítulo es dar cuenta del nivel de contagios por COVID-19 en la ruta de la Línea 1 del Metro de Lima. Por un lado, la infraestructura de la Línea 1 contiene espacios cerrados en los que la ventilación sería limitada, y las

personas no guardarían una mayor distancia y estarían en contacto físico con manubrios o asientos. Dado que la transmisión se da por aerosoles, por más que se empleen mascarillas, es posible que se concentren en el ambiente de los vagones partículas que permanecen flotando en el aire, dada la poca ventilación. Por otro lado, esto afecta a los pasajeros que permanecen más tiempo viajando de una estación a otra; en particular, a los que parten de, o llegan a, las estaciones extremas. En ese sentido, nuestra hipótesis es que, en ausencia de cuidados básicos, como el distanciamiento, el uso correcto de mascarillas y una adecuada ventilación (lo cual tiene una mayor afectación cuando hay mayor congestión), este sistema de transporte podría haber contribuido a la propagación del virus.

El resto del capítulo está organizado como sigue. La sección 2 revisa estudios similares. La sección 3 hace un recuento de las medidas implementadas por el Gobierno para enfrentar la nueva pandemia. La sección 4 usa la información de alta frecuencia, disponible para analizar la evolución de los contagios y fallecimientos en relación con la frecuencia de uso de la Línea 1 del Metro de Lima. La sección 5 desarrolla nuestras reflexiones finales.

Revisión de literatura

Este capítulo analiza la relación entre los niveles de contagio por COVID-19 y el transporte utilizando la Línea 1 del Metro de Lima, por lo que se han recolectado diferentes estudios que relacionan el uso de transporte público o la movilidad con el aumento de casos positivos (contagios) y muertes por dicha enfermedad. Si bien hay literatura acerca del impacto de la COVID-19 sobre indicadores socioeconómicos, como el empleo, en América Latina (Weller *et al.*, 2020) y en el Perú (Cueva, Del Carpio, & Winkler, 2021; Jaramillo & Ñopo, 2020), no hemos encontrado ninguno que analice su relación con el transporte masivo en el Perú, aunque sí para otros países, como se muestra a continuación.

Rahman (2020) usa una encuesta virtual aplicada en la región de Kelowna (Columbia Británica, Canadá) para analizar la asignación de tiempo de viaje diario de las personas en tiempos de COVID-19. Encuentra que, en pandemia, las personas redujeron en un 50% la realización de sus actividades fuera del hogar, lo que incidió mayoritariamente en viajes diarios de compras rutinarias y de trabajo. Asimismo, hay una movilidad diferenciada: (i) las personas con ocupaciones como salud, educación, derecho, ventas y servicios, aumentaron sus viajes de trabajo durante la pandemia; (ii) los viajes por entretenimiento aumentaron para los adultos jóvenes, mientras que, para los adultos mayores, se redujeron; (iii) y, a diferencia de los hogares de bajos ingresos, en aquellos de altos ingresos no hubo movilidad por trabajo, gracias al teletrabajo.

Abdullah *et al.* (2020) realizaron un estudio del cambio de comportamiento de viaje de las personas luego de la pandemia. La base de datos utilizada fue una encuesta en línea, respondida por ciudadanos de más de 15 países, acerca del propósito del

viaje, la elección del modo de viaje, la distancia del recorrido y la frecuencia de los viajes durante la pandemia de COVID-19. Encontraron que el 56,6% de las personas no se transportan a sus trabajos ni al colegio, debido al teletrabajo y la teleeducación. Solo el 11,4% de los encuestados reveló que su comportamiento de viaje no cambió con la pandemia, mientras que el 44% de las personas afirmó que su propósito para viajar fue ir de compras, lo que representa un cambio importante en el propósito de viaje, debido a la pandemia. En esa línea, hay un cambio del transporte público al de movilidad privada.

Schmidt (2020) analiza la situación de las empresas de transporte debido a la COVID-19 en Austria. Utilizando datos de tráfico de pasajeros en el sistema de transporte público, encontró reducciones de tráfico y frecuencia, de hasta un 90%. Una vez reanudadas las actividades, el autor evidencia que las empresas de transporte no han recuperado los niveles prepandemia, debido a las exigencias de distancia física y la limitada capacidad posible de utilizar. A pesar de que, con la finalidad de compensar los efectos de dichas exigencias, las empresas de transporte han incrementado sus frecuencias (y, con ello, los costos), aún generan ingresos insuficientes.

Przybylowski, Stelmak y Suchanek (2021) investigan sobre las consecuencias de las medidas implementadas por el Gobierno en la movilidad de las personas, a partir de una encuesta realizada en la ciudad de Gdańsk (Polonia). Los autores encuentran que el 90% de las personas encuestadas no usa el transporte público, mientras que el 75% de ellos podría volver a usarlo cuando la pandemia se estabilice. Una de las razones por la cual no quieren volver a tomar un transporte público es por la percepción de falta de seguridad en el sistema, por lo que muchas familias han optado por transporte privado. Si eso sucede en países europeos, es posible imaginar la percepción en países menos desarrollados.

Tlikkaja y Viri (2021) analizan los cambios producidos en el transporte público durante la pandemia de COVID-19. Se utilizaron los datos del transporte de la región Tampere (Finlandia), como mapas de rutas, horarios y frecuencia de pasajeros, en los meses de enero y mayo de 2020, para evaluar la frecuencia de viajes, el número de pasajeros y la tasa promedio de pasajeros en diferentes meses. Los autores hallaron que el tráfico promedio de pasajeros movilizados se redujo durante el mes de mayo de 2020 (en entorno de pandemia) respecto de enero (sin pandemia), debido a la inmovilización social en la mayoría de las rutas. Sin embargo, en las rutas de la parte este de la región y los lugares más alejados, sí ha aumentado el tráfico promedio de pasajeros durante el mes de mayo respecto de enero, posiblemente (según los autores) por la mayor confianza de los usuarios en este transporte, a pesar de la pandemia.

Pasando al caso de países emergentes, Raunak, Sawant y Sinha (2020) analizaron el impacto de las medidas adoptadas por el Gobierno de la India en el sector transporte, usando una encuesta virtual enviada a través del correo electrónico, que incluía pre-

guntas sobre el perfil socioeconómico y el impacto de la COVID-19 en el hogar y sus miembros, así como su calificación sobre las medidas adoptadas por el Gobierno en la pandemia. Además de encontrar que la demanda por transporte público se redujo, por la preocupación por su salud, existe una desconfianza de la población en el sistema de transporte público, por su inadecuado y deficiente funcionamiento. Finalmente, los autores encontraron que el 24% de las personas encuestadas tenían prevista la compra de un vehículo particular, y que los de la clase media son los que muestran una mayor probabilidad de comprar vehículos nuevos.

Como se puede apreciar, los estudios encontrados analizan, en general, el cambio de comportamiento de viaje debido a la pandemia, y la relación de esa conducta con indicadores socioeconómicos. Frente a las restricciones impuestas, el común denominador es que las personas priorizan sus labores a través del teletrabajo y la teleeducación (en la medida de lo posible), y concentran su movilidad para adquirir productos básicos. Por último, hasta lo que podemos conocer, no se han identificado referencias que lidien con el objetivo de este capítulo, que es analizar si los contagios ocurren y siguen espacialmente las rutas y/o ámbitos de los sistemas de transporte público.

Medidas implementadas por el Gobierno

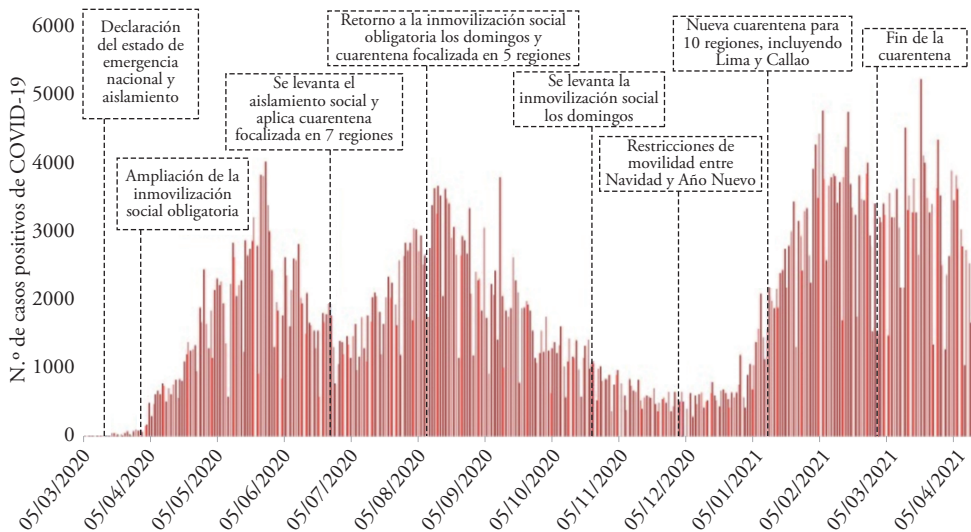
Si bien es cierto que el primer caso de contagio en el Perú se registró el 6 de marzo de 2020, en materia sanitaria, el Gobierno ya tomaba medidas anticipando la inminente llegada al país del SARS-CoV-2. Así, por Resolución Ministerial N.º 039-2020-Minsa del 31 de enero de 2020, se aprobó el documento técnico «Plan Nacional de Preparación y Respuesta frente al riesgo de Introducción del Coronavirus», para que los sistemas de vigilancia, contención y respuesta fueran fortalecidos para enfrentar la COVID-19 en el país (Parlamento Andino, 2021).

El 16 de marzo, el Gobierno, de manera relativamente temprana en comparación con países vecinos, decretó la primera cuarentena a nivel nacional. De acuerdo con Google Mobility Reports, esto tuvo como efecto inmediato una abrupta reducción de la movilidad de las personas, entre la segunda mitad de marzo y el mes de abril, de un 82% en las salidas a tiendas de menudeo y recreación, un 60% a tiendas de abarrotes y farmacias, un 73% a parques, un 82% a estaciones de tránsito y un 72% a centros de trabajo (Jaramillo & López, 2021).

La cuarentena se levantó parcialmente durante la primera semana de julio de 2020 (figura 2), de la mano de algunas medidas aplicables a la actividad de transporte público urbano, tales como el otorgamiento de un subsidio a las empresas de transporte público, ya que la capacidad de los buses en Lima y en las principales ciudades del país se encontraba limitada; la obligatoriedad de la utilización de protectores faciales en el transporte público, así como la elaboración de 10 000 000 de equipos de pro-

tección para entregarlos a los usuarios de transporte urbano³¹; y, con el fin de evitar aglomeraciones en el sistema de transporte, los ministerios de Trabajo y de Transportes y Telecomunicaciones llevaron a cabo coordinaciones para que el horario de entrada a los trabajos fuera diferenciado. Posteriormente, una segunda ola de contagios motivó que el Gobierno declarara una nueva cuarentena para 10 regiones, incluyendo Lima y Callao, a inicios del año 2021, la cual se extendió hasta principios de marzo (Parlamento Andino, 2021).

Figura 2
Medidas implementadas por el Gobierno frente a la COVID-19



Fuente: Plataforma Nacional de Datos Abiertos. Casos positivos de COVID-19 – Minsa, 2021.

En suma, se tuvo un año marcado por la emergencia sanitaria, en el cual el Gobierno implementó medidas para restringir el tránsito y evitar la aglomeración de personas, con el fin de mitigar la propagación del virus. En el caso de la Línea 1 del Metro de Lima, ello derivó en la implementación de protocolos de bioseguridad en las estaciones del metro (Ositrán, 2021): los aforos en los trenes se redujeron de 1200 personas a 536, la capacidad en el uso de ascensores en las estaciones disminuyó de 7 a 2 personas, y variaron los horarios de operación³². Siendo el horario efectivo del servicio de transporte de pasajeros

³¹ Para el transporte interprovincial, se requirió la instalación de separadores entre asientos y en los pasillos de los buses, la incorporación de señalizaciones en terminales de pasajeros, el control de temperatura, y el requerimiento de una declaración jurada para los viajeros.

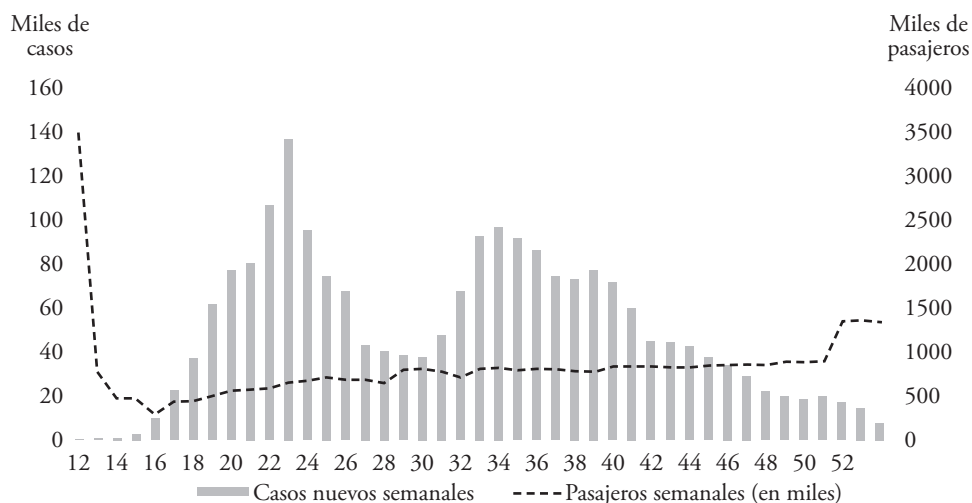
³² Se dispusieron medidas adicionales, como la obligatoriedad en el uso de mascarillas y protectores faciales por parte de los pasajeros y del personal operativo de la concesionaria.

desde las 5:30 horas, hora de salida del primer tren, hasta las 22:30 horas, en que se registra la salida del último tren desde las estaciones de Villa El Salvador y Bayóvar, tras el fin de la primera ola, en la primera semana de julio de 2020, para evitar las aglomeraciones señaladas, se dispuso que, durante los días laborables, el servicio en horas punta rigiera de 7:00 a 10:00 y de 18:00 a 21:00, y en intervalos de 4, 5 y 6 minutos el resto de horas, lo que implicaba una mayor frecuencia de trenes (en 2019, los intervalos de frecuencia en las horas valle eran de 6 minutos) (Ositrán, 2021). Por su parte, para los sábados, los intervalos de los trenes se han brindado cada 3,5, 4, 4,5 y 6 minutos; y los días domingos y feriados, que tienen menos afluencia, el intervalo ha fluctuado entre los 6 y 10 minutos.

Dichas disposiciones tuvieron efecto desde la semana 13 del año 2020, cuando se registró una gran disminución del transporte, ya que las personas solo podían circular por las vías de uso público para la prestación y acceso en un número restringido de servicios y bienes esenciales (figura 3). A medida que se levantaron las medidas que limitaban la movilidad de las personas, el tráfico de usuarios se incrementó, con algunos picos específicos por días festivos (como Navidad) asociados a menores niveles de casos de contagio (remanentes de la primera ola).

Figura 3

Incidencia de la COVID-19 en el flujo de pasajeros en la Línea 1 del Metro de Lima durante el año 2020



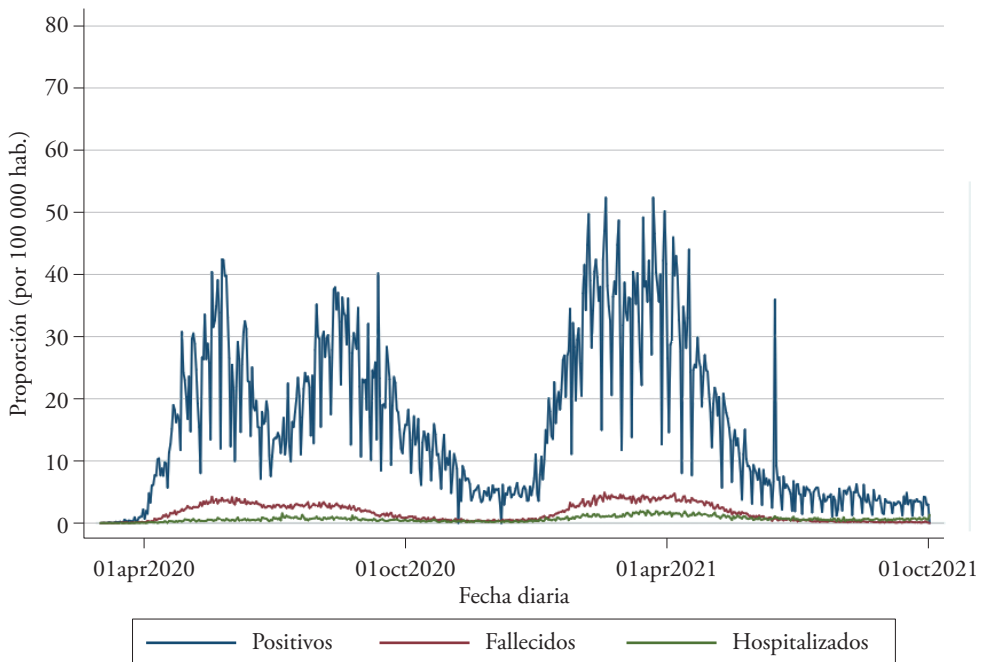
Fuentes: GyM Ferrovías, S.A.; Minsa; Ositrán (2021).

Análisis de los contagios y el uso de la Línea 1 del Metro de Lima

En esta sección, se analiza la evolución diaria de los contagios, el número de personas hospitalizadas y el número de fallecidos, en los nueve distritos por donde pasa la Línea 1 (de norte a sur: San Juan de Lurigancho, El Agustino, La Victoria, San Luis, San Borja, Santiago de Surco, San Juan de Miraflores, Villa María del Triunfo y Villa El Salvador), para el período de abril de 2020 a septiembre de 2021. La figura 4 muestra claramente los picos de las dos olas de contagios, una (de la primera ola) en septiembre de 2020 (cuando el número promedio de contagios diarios por distrito estuvo entre 20 y 30 por cada 100 000 habitantes) y otra (de la segunda ola), en marzo de 2021 (cuando los contagios diarios por distrito estuvieron entre 30 y 40 por cada 100 000 habitantes). Estos nueve distritos concentran el 34,3% de la población de la provincia de Lima.

Figura 4

Evolución de contagios, hospitalizaciones y fallecidos diarios por COVID-19, a nivel distrital: 2020-2021 (distritos de Lima por donde pasa el Metro)

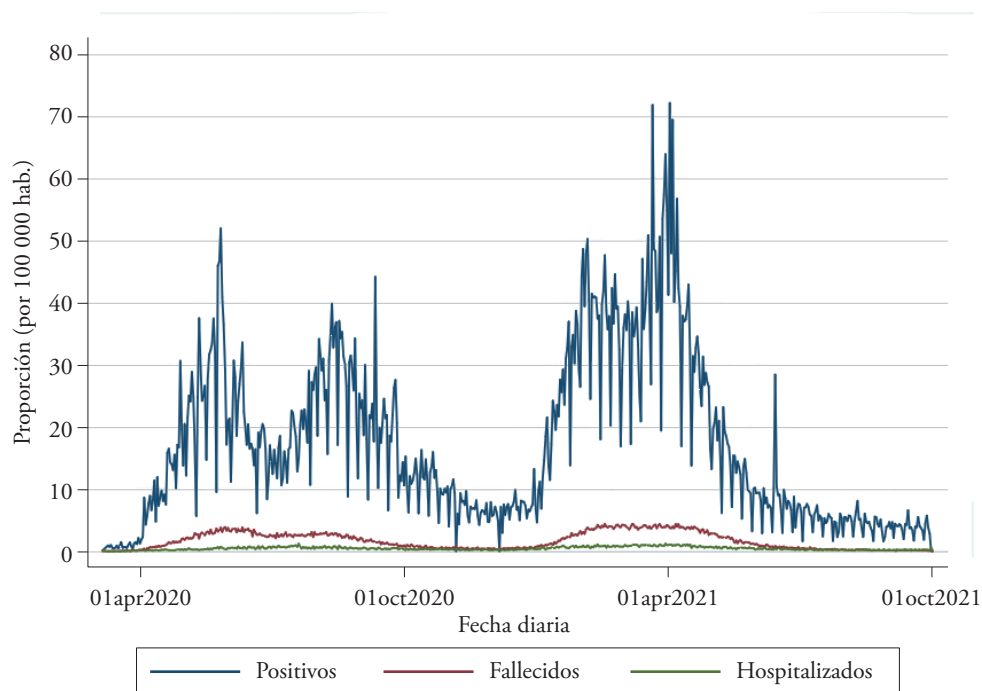


Fuente: elaboración propia sobre la base de la Plataforma Nacional de Datos Abiertos. Casos positivos de COVID-19 – Minsa, Sinadef, 2021.

Cuando uno examina la misma información para los 43 distritos de Lima Metropolitana por donde no pasa el tren (figura 5), podemos apreciar una evolución similar al caso anterior, pero con un nivel mayor de los picos alcanzados en ambas olas, en especial al final de la segunda ola (marzo-abril de 2021). En conjunto, estos distritos congregan a 6,35 millones de habitantes (lo cual representa el 65,7% de la población de la provincia de Lima).

Figura 5

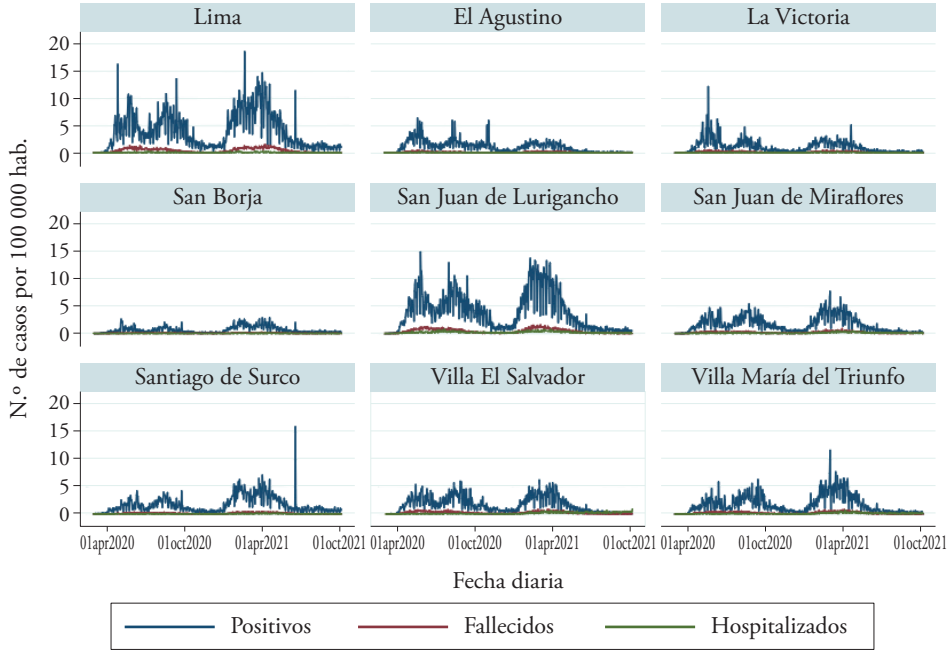
Evolución de contagios, hospitalizaciones y fallecidos diarios por COVID-19, a nivel distrital: 2020-2021 (distritos de Lima por donde no pasa el Metro)



Fuente: elaboración propia sobre la base de la Plataforma Nacional de Datos Abiertos. Casos positivos de COVID-19 – Minsa, Sinadef, 2021.

Examinando la evolución de los datos por distrito, podemos notar que Lima Cercado y San Juan de Lurigancho dan cuenta de la mayor proporción de contagios, seguidos de Villa El Salvador (la población conjunta de estos tres distritos representa el 60% de la población total de los nueve distritos por donde pasa la Línea 1 del Metro de Lima) (figura 6). El mayor grado de movilización de la población de esos distritos por motivos de trabajo está relacionado con esa evolución.

Figura 6
Evolución de contagios, hospitalizaciones y fallecidos diarios por COVID-19, 2020-2021
(distritos de Lima por donde pasa el Metro)



Fuente: elaboración propia sobre la base de la Plataforma Nacional de Datos Abiertos. Casos positivos de COVID-19 – Minsa, Sinadef, 2021.

Luego de este análisis descriptivo, usamos esos mismos datos de alta frecuencia para realizar un análisis econométrico que examina la relación entre el nivel de contagios, y el número de fallecidos, con el tráfico en la Línea 1 del Metro, medido por el número de pasajeros reportado en las estaciones de cada distrito. Si bien este análisis es correlacional, sugiere que, en efecto, la propagación de la enfermedad puede haber sido coadyuvada por la mayor movilización usando este medio de transporte masivo. Nuestro período bajo análisis comprende desde el 1 de marzo de 2020 hasta el 1 de octubre de 2021.

De esta manera, en un contexto de regresión, la ecuación base por estimar es la siguiente:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 Línea1_i + \beta_2 Tráfico_{it} + \beta_3 OI_{it} + \varepsilon_{it}, \quad (1)$$

donde y_t representa nuestra variable por explicar (número de contagios o el número de fallecidos) registrados el día «t» (para el período bajo análisis) en el distrito «i»; «Línea 1» es un indicador que es igual a 1 para los nueve distritos por donde pasa la Línea 1 del

Metro de Lima; « $Tráfico_{it}$ » representa el número de pasajeros (en miles) que se registra en todas las estaciones de la Línea 1 del distrito «i» en el día «t»; y «Olas» son indicadores para la primera ola (igual a 1 para el período entre el 6 de abril y el 31 de agosto de 2020) y la segunda ola (para el período entre el 6 de enero y el 31 de mayo de 2021). Nuestros coeficientes de interés son β_1 y β_2 , que capturan el efecto de la Línea 1 (nivel) y del tráfico de pasajeros de la Línea 1 (escala) sobre el nivel de contagio (o fallecimiento), respectivamente. Una de las variables omitidas en este análisis es la cantidad de personas residentes en cada distrito y que usan el transporte público (buses y combis), que es otro mecanismo de propagación del virus³³.

La tabla 1 muestra los coeficientes estimados con las variables de interés, introducidas secuencialmente, para el caso del número de contagios. Como se puede apreciar en la columna 1, existe una correlación positiva entre estar ubicado en uno de los nueve distritos por donde pasa la Línea 1 y el número de contagios; y esta relación es robusta a la inclusión de indicadores para las dos olas (columnas 1, 3, 4, 5). Asimismo, cuando se incluye la variable tráfico de pasajeros, como es de esperar, el coeficiente de la Línea 1 disminuye, pero su significancia estadística se mantiene (columnas 2 y 6). En suma, los distritos por donde pasa la Línea 1 registran entre 21 y 36 contagiados más respecto a distritos por donde no pasa la Línea 1 (columnas 1 a 6), y el volumen de tráfico de pasajeros tiene un efecto adicional sobre el nivel de contagios (alrededor de 1 contagiado más por distrito, por cada 1000 pasajeros adicionales que viajan en el Metro) (columnas 2 y 6); y está relación es decreciente (columna 7). En conjunto, estos resultados sugieren que la mayor movilidad fue de la mano con una mayor incidencia de contagios. Asimismo, se observa una correlación positiva entre el período de la primera ola y el nivel de contagios (columnas 3 y de la 5 a la 7); la cual tiene una mayor magnitud en el caso del período de la segunda ola (columnas de la 4 a la 7), que se condice con mayores niveles de contagios y fallecidos en comparación a la primera ola. Estos resultados se mantienen (es más, los estimadores puntuales del coeficiente de «Línea 1» son ligeramente mayores) cuando la variable dependiente en la regresión es el nivel de contagios cinco días después («t+5») o siete días después («t+7»), mientras el tráfico considerado sigue siendo del día «t»³⁴.

³³ Se podría aproximar ese flujo de personas que viaja diariamente usando datos de los niveles de contaminación distrital registrada, aun cuando esa información no implica que la población de un distrito en particular sea la que se está desplazando.

³⁴ Resultados disponibles de los autores. Estas especificaciones consideran que los síntomas pueden tomar un número de días en aparecer; y, el contagio, en propagarse con mayor intensidad.

Tabla 1
Regresión sobre el número de contagios por distrito

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Línea 1	34,10*** (1,085)	20,84*** (1,436)	34,34*** (1,075)	35,10**** (1,031)	35,98*** (0,099)	23,73*** (1,264)	15,59*** (1,274)
Tráfico diario (1000 pasajeros)		0,81*** (0,087)				0,75*** (0,077)	1,654*** (0,110)
Primera ola			12,08*** (0,754)		28,59*** (0,067)	29,36*** (0,666)	29,25*** (0,662)
Segunda ola				32,79*** (1,042)	43,52*** (1,033)	42,69*** (1,021)	41,94*** (1,018)
Tráfico al cuadrado							-0,011*** (0,001)
Constante	28,81*** (0,371)	28,81*** (0,371)	25,49*** (0,452)	19,55*** (0,310)	8,65*** (0,302)	8,67*** (0,298)	8,91*** (0,395)
Observaciones	25 189	25 189	25 189	25 189	25 189	25 189	25 189
R-cuadrado	0,055	0,068	0,063	0,116	0,156	0,167	0,172

Notas. Errores estándar robustos entre paréntesis. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1.

Por otro lado, cuando analizamos el caso del número de fallecidos por distrito, el patrón observado es similar al indicado para el caso de contagios, aun cuando en un menor nivel, obviamente (véase la tabla 2). En particular, estar dentro de la ruta de la Línea 1 está asociado a un mayor número de fallecidos (de entre tres y cuatro, por distrito, como se muestra en las columnas de la 1 a la 6). Como chequeo de robustez, usamos los adelantos de cinco y siete días para el número de fallecidos; los coeficientes de nuestras variables de interés no varían mucho, excepto para el caso de «primera ola», cuya magnitud disminuye hasta perder significancia en la última especificación, equivalente a la columna 7³⁵.

³⁵ Resultados disponibles de los autores.

Tabla 2
Regresión sobre el número de fallecidos por distrito

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Línea 1	3,95*** (0,122)	2,71*** (0,162)	3,99*** (0,119)	4,062*** (0,116)	4,19*** (0,108)	3,02*** (0,139)	2,32*** (0,151)
Tráfico diario (1000 pasajeros)		0,08*** (0,009)				0,07*** (0,008)	0,15*** (0,012)
Primera ola			2,25*** (0,086)		4,21*** (0,080)	4,28*** (0,080)	4,28*** (0,102)
Segunda ola				3,60*** (0,091)	5,17*** (0,088)	5,10*** (0,086)	5,03*** (0,085)
Tráfico al cuadrado							-0,001*** (0,000)
Constante	2,80*** (0,033)	2,80*** (0,033)	2,18*** (0,037)	1,79*** (0,035)	0,18*** (0,029)	0,18*** (0,029)	0,20*** (0,029)
Observaciones	25 189	25 189	25 189	25 189	25 189	25 189	25 189
R-cuadrado	0,074	0,085	0,102	0,148	0,234	0,244	0,248

Notas. Errores estándar robustos entre paréntesis. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$.

Las estimaciones anteriores fueron realizadas tomando los datos en niveles. No obstante, dado que los síntomas se hacen visibles transcurridos entre cinco y siete días después del contagio, se consideró apropiado utilizar promedios móviles de siete días para los contagios y fallecidos, así como para los datos de tráfico. Al estimar la ecuación (1) con las variables transformadas, se continúa observando una correlación positiva entre la movilidad y el número de contagios y fallecidos, y se tienen estimadores más precisos; así, estar en uno de los nueve distritos por donde pasa la Línea 1 está asociado a entre 24 y 36 contagiados más respecto a distritos por donde no pasa la Línea 1: columnas de la 1 a la 6 de la tabla 3. Asimismo, la relación con la incidencia de las dos olas es similar a la reportada en la tabla 1.

Tabla 3
Regresión sobre el número de contagiados por distrito (medias móviles de siete días)

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Línea 1	33,97*** (0,988)	23,65*** (1,352)	34,19*** (0,979)	35,00*** (0,929)	35,86*** (0,888)	26,36*** (1,165)	18,63*** (1,268)
Tráfico diario (1000 pasajeros)		0,623*** (0,081)				0,573*** (0,069)	1,40*** (0,108)
Primera ola			10,54*** (0,666)		26,91*** (0,585)	27,61*** (0,588)	27,57*** (0,584)
Segunda ola				32,76*** (0,923)	42,91*** (0,915)	42,39*** (0,906)	41,70*** (0,904)
Tráfico al cuadrado							-0,010*** (0,001)
Constante	28,96*** (0,329)	28,96*** (0,329)	26,05*** (0,403)	19,66*** (0,340)	9,35*** (0,352)	9,31*** (0,269)	9,51*** (0,265)
Observaciones	25 053	25 053	25 053	25 053	25 053	25 053	25 053
R-cuadrado	0,067	0,076	0,075	0,143	0,187	0,194	0,198

Notas. Errores estándar robustos entre paréntesis. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1.

Los coeficientes estimados usando medias móviles de siete días para el caso de fallecidos (tabla 4) son muy parecidos a los reportados en la tabla 2.

Tabla 4
Regresión sobre el número de fallecidos por distrito (medias móviles de siete días)

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Línea 1	3,94*** (0,117)	2,64*** (0,160)	3,99*** (0,114)	4,06*** (0,110)	4,19*** (0,103)	2,91*** (0,136)	1,95*** (0,147)
Tráfico diario (1000 pasajeros)		0,08*** (0,009)				0,08*** (0,008)	0,18*** (0,013)
Primera ola			2,11*** (0,081)		4,05*** (0,075)	4,14*** (0,076)	4,14*** (0,075)
Segunda ola				3,56*** (0,086)	5,08*** (0,083)	5,01*** (0,081)	4,93*** (0,080)
Tráfico al cuadrado							-0,001*** (0,000)
Constante	2,82*** (0,031)	2,82*** (0,031)	2,24*** (0,035)	1,81*** (0,034)	0,26*** (0,028)	0,25*** (0,028)	0,28*** (0,027)

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Observaciones	25 053	25 053	25 053	25 053	25 053	25 053	25 053
R-cuadrado	0,081	0,093	0,109	0,161	0,248	0,260	0,266

Notas. Errores estándar robustos entre paréntesis. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$.

Reflexiones finales

Este capítulo aborda una dimensión importante de la pandemia, que ha sido poco examinada: la movilidad usando un medio de transporte masivo que, antes de la pandemia, transportaba 15 millones de personas cada mes. Encontramos una estrecha relación entre una mayor movilidad y el crecimiento del contagio, y el número de fallecidos, en Lima.

Es posible establecer algunas conjeturas observacionales al respecto. En primer lugar, los resultados se deberían al tiempo de permanencia de los pasajeros en el tren al trasladarse entre puntos de origen y destino muy distantes. Desafortunadamente, por el momento no se dispone de métricas del tiempo de permanencia de los pasajeros entre una estación y otra. En segundo lugar, estando cada vez más comprobado que el contagio es por aerosoles, el que los vagones no dispongan de sistemas adecuados de purificación del aire o sistemas de ventilación apropiados, hace más propicio el contagio. Posiblemente, contar con información diaria de la evaluación de los niveles de CO_2 entre una estación y otra es un elemento que considerar en futuras investigaciones. En tercer lugar, se sabe que una proporción del material tractivo rodante (vagones) tiene cierta antigüedad, lo que probablemente sea también un impedimento para contar con mejores sistemas de ventilación.

Lo anterior deja lecciones sobre algunas estrategias en materia de seguridad que, en adelante, deberían considerarse ante una posible eventualidad de enfrentar una pandemia, ya sea de la COVID-19, nuevamente, u otra que imponga restricciones a la movilidad de las personas en medios de transporte de uso público. En primer lugar, deberían insertarse en el contrato de concesión de la Línea 1 del Metro de Lima, a modo de adenda, previa evaluación costo-beneficio de ello, la adecuación de sus vagones o coches, específicamente a que dispongan de equipos de medición de dióxido de carbono (CO_2). Estos equipos permiten controlar la calidad del aire, ya que, registrado un determinado umbral de CO_2 dentro de los coches, se activarán acciones para que haya más ventilación o renovación del aire, ya sea evitando que suban más personas, abriendo las ventanas de los vagones u otra medida que permita reducir los niveles de CO_2 . En segundo lugar, dado que el uso correcto de la mascarilla contribuye a reducir los contagios, se recomienda promover campañas educativas sobre el uso correcto de las mascarillas y promover su uso cuando las personas tengan algún síntoma respiratorio distinto de la COVID-19.

En tercer lugar, es recomendable complementar el sistema de información de tráfico de pasajeros en la Línea 1 del Metro de Lima a través de sistemas de conteo de pasajeros que registren en qué estaciones suben y en qué estaciones bajan. De esta manera, será posible precisar mejor la relación entre el uso de la Línea 1 del Metro de Lima y los niveles de contagios y fallecidos por la COVID-19 u otra enfermedad.

Referencias

- Abdullah, M., Dias, C., Muley, D., & Shahin, M. (2020). Exploring the impact of COVID-19 on travel behavior and mode preferences. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 8.
- Ayittey F. K., Dzuovor, C., Ayittey, M. K., Chiwero, N. B., & Habib, A. (2020). Updates on Wuhan 2019 novel coronavirus epidemic. *Journal of Medical Virology*, 92(4), 403-407. doi:10.1002/jmv.25695.
- Cascella, M., Rajnik, M., Cuomo, A., Dulebohn, S. C., & Di Napoli, R. (2020). Features, evaluation and treatment coronavirus (COVID-19). *Statpearls* [internet]. Treasure Island, FL: StatPearls Publishing.
- Cueva, R., Del Carpio, X., & Winkler, H. (2021). *The impacts of COVID-19 on informal labor markets: Evidence from Peru*. World Bank Policy Research Working Paper 9675.
- Jaramillo, M., & López, K. (2021). *Políticas para combatir la pandemia de COVID-19*. Documento de Investigación 112. Lima, Perú: Grade.
- Jaramillo, M., & Ñopo, H. (2020). El impacto del COVID-19 sobre la economía peruana. *Economía UNAM*, 17(51), 136-146.
- Ositrán. (2021, junio). *Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao, Línea 1. Informe de Desempeño 2020*. Gerencia de Regulación y Estudios Económicos – Jefatura de Estudios Económicos. Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público.
- Peeri, N. C., Shrestha, N., Rahman, M. S., Zaki, R., Tan, Z., Bibi, S., ..., & Haque, U. (2020). The SARS, MERS and novel coronavirus (COVID-19) epidemics, the newest and biggest global health threats: What lessons have we learned? *Int. J. Epidemiol.*, 49, 717-726. doi:10.1093/ije/dyaa033
- Parlamento Andino. (2021). *Principales medidas adoptadas por el gobierno peruano frente a la emergencia provocada por la COVID-19*. <https://www.parlamentoandino.org/images/actualidad/informes-covid/Peru/Principales-medidas-adoptadas-por-el-gobierno-peruano.pdf>
- Przybylowski, A., Stelmak, S., & Suchanek, M. (2021). Mobility behaviour in view of the impact of the COVID-19 pandemic – Public transport users in Gdansk case study. *Sustainability*, 13(1).
- Rahman Fatmi, M. (2020). COVID-19 impact on urban mobility. *Journal of Urban Management*, 9(3), 270-275.
- Raunak, R., Sawant, N., & Sinha, S. (2020). Impact of COVID-19 on urban mobility in Indian cities. *Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific*, 90.
- Schmidt, M. (2020). *Impacts of COVID on urban transport*. Documento inédito..
- Tiikkaja, H., & Viri, R. (2021). The effects of COVID-19 epidemic on public transport ridership and frequencies. A case study from Tampere, Finland. *Transportation Research Interdisciplinary Perspective*, 10.

- Vuorinen, V., Aarnio, M., Alava, M., Alopaeus, V., Atanasova, N., Auvinen, M., Balasubramanian, N., Bordbarg, H., Erästö, P., Grande, R., Hayward, N., Hellsten, A., Hostikka, S., Hokkanen, J., Kaario, O., Karvinen, A., Kivistö, I., Korhonen, M., Kosonen, R., Kuusela, J., Lestinen, S., Laurila, E., Nieminen, H., Peltonen, P., Pokki, J., Puiisto, A., Råback, P., Salmenjoki, H., Sironen, T., & Österberg, M. (2020). Modelling aerosol transport and virus exposure with numerical simulations in relation to SARS-CoV-2 transmission by inhalation indoors. *Safety Science*, 130 (104866).
- Weller, J., Gómez Contreras, M., Caballero, A. M., & Ravest Tropa, J. (2020). *El impacto de la crisis sanitaria del COVID-19 en los mercados laborales latinoamericanos*. Documentos de Proyectos. Cooperación Económica para América Latina y el Caribe (Cepal).

