

La movilidad urbana como métrica de la COVID-19

Urban mobility as metric of COVID-19

Luis Francisco Sánchez-Merchant, Alberto Carnicero-López, Francisco López-Valdés y Jesús Jiménez-Octavio

Universidad Pontificia Comillas. Instituto de Investigación Tecnológica (España)

DOI: <https://doi.org/10.6036/9897>

1. INTRODUCCIÓN

Las medidas de contención provocadas por la pandemia global COVID-19, declarada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) el pasado 11 de marzo, han conllevado el confinamiento de casi la mitad de la población mundial, el cierre de fronteras y una reducción drástica del transporte nacional e internacional.

Han cambiado el estilo de vida de las personas y su forma de relacionarse, repercutiendo sobre los hábitos más cotidianos y el consumo, incluido el de los medios de transporte empleados para ir al trabajo o desplazarse en el ámbito urbano. Las medidas de distanciamiento social adoptadas a nivel global han puesto de manifiesto los riesgos epidemiológicos de la movilidad compartida, que se ha revelado como un claro vector de transmisión a través del uso de los servicios de transporte de pasajeros tanto de forma consecutiva como simultánea.

El transporte público ha reducido el servicio en todo el mundo, llegando a alcanzar en España el 88% según fuentes gubernamentales en consonancia con la gravedad de las medidas adoptadas y la imposibilidad de dedicar recursos a la desinfección y gestión masiva de viajeros. Por idénticos motivos de higiene, la movilidad compartida y la micro-movilidad también se ha detenido completamente durante semanas. Como ejemplo, BiciMAD, el sistema público de bicicletas compartidas de Madrid, suspendió su actividad totalmente el 16 de marzo con el inicio del estado de alarma nacional.

Esta paralización de la movilidad urbana se revela como una métrica clave en el análisis de la propagación del virus SARS-CoV-2 y las diferentes estrategias en el levantamiento de las restricciones de movilidad en algunas de las capitales europeas más representativas, así como de

las repercusiones energéticas y medioambientales de este periodo. La influencia de los hábitos de movilidad en Italia sobre la propagación del virus ha sido objeto de análisis en [1], resultando una alta correlación estadística entre estas variables y también otras medioambientales como la temperatura y las partículas en suspensión. También la relación entre la demanda eléctrica y la movilidad en los escenarios presentes y futuros de Finlandia y Suecia ha sido analizado en [2], apuntando los autores como algunas de las conclusiones más relevantes la necesidad de desarrollar las redes inteligentes y fuentes de energía renovable, así como crear mecanismos de monitorización y análisis de la gobernanza ante futuras crisis similares. El último prisma de análisis de este artículo, la influencia de la pandemia y los hábitos de la movilidad sobre la contaminación medioambiental también han sido estudiadas con alcance internacional en [3,4], estimando el primero mediante imágenes captadas vía satélite que en los epicentros de la crisis sanitaria entre los que se encontraría España se habrán alcanzado reducciones de la contaminación de hasta un 30%, mientras que el segundo es ligeramente más moderado mediante un enfoque basado en el análisis de los cambios en la actividad sectorial. Estos enfoques podrían haberse convertido en los preponderantes en los últimos años como demuestran [5] para la estimación de emisión de gases de efecto invernadero mediante imágenes de satélite o [6] para su predicción usando algoritmos metaheurísticos alimentados por variables socioeconómicas.

Los primeros sondeos apuntan, para los núcleos urbanos altamente congestionados como los referidos en este trabajo, suficientes motivos económicos, urbanísticos y medioambientales para impulsar un mix de movilidad urbana sostenible y segura en escenarios ordinarios o de crisis epidemiológica. Por tanto, la redefinición de directrices para la gestión y la reconversión del sistema de transporte urbano constituye el segundo objetivo del presente trabajo, el cual se abordará únicamente en clave especulativa y no cuantitativa.

Este trabajo se ha estructurado de la

siguiente manera: después de la primera sección dedicada a la Introducción y definición de objetivos se presentan los materiales y métodos en la sección 2; los resultados desagregados en el ámbito sanitario, el ámbito medioambiental y el ámbito energético-empresarial en la sección 3; para finalizar con la discusión de los mismos y unas conclusiones generales en las secciones 4 y 5. Por último, se incluye una sección adicional con material suplementario más detallado.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La métrica de salud pública más habitual a nivel social y divulgativo durante la pandemia COVID-19 en España ha sido el número absoluto de infecciones y la tasa por cada cien mil habitantes de nuevos casos y recuperaciones, además de los fallecimientos por causa del virus SARS-CoV-2. No obstante, McKinsey & Company elabora y presenta en [7] el nivel de reproducción como otra de las métricas más extendidas a nivel científico, además de sugerir la propia movilidad como una métrica adicional, tal como se analiza en el presente artículo. Concretamente el nivel de reproducción, número esencial para este estudio en el ámbito sanitario, representa el valor medio de personas infectadas por otra en un periodo de tiempo, estimado a partir de decenas de factores mediante inferencia Bayesiana y asumiendo una distribución de Poisson para los datos disponibles en el informe citado.

Partiendo de la mencionada base de datos, se ha determinado el coeficiente de correlación entre el nivel de interacción social (S_i), vinculado directamente a los datos de movilidad de personas, y el nivel de reproducción en tiempo real (R_t) de algunas ciudades representativas europeas como Berlín, Londres, Madrid, Milán, París y Roma. Sin ánimo de vincular el coeficiente de correlación de Pearson entre las variables aleatorias S_i y R_t con principio de causalidad alguno, éste se ha definido como sigue:

$$P(S_i, R_t) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \left(\frac{S_{i1} - \mu_{S_i}}{\sigma_{S_i}} \right) \left(\frac{R_{t1} - \mu_{R_t}}{\sigma_{R_t}} \right)$$

Habiendo realizado $N=12$ observaciones, correspondientes a una por semana durante los meses de marzo, abril y mayo y donde μ_{S_i} y σ_{S_i} son el valor medio y la desviación estándar del nivel de interac-

ción social respectivamente, y μ_{Rt} y σ_{Rt} son el valor medio y la desviación estándar de la tasa de infección en tiempo real.

Por otra parte, para determinar la influencia de la reducción de movilidad durante los meses de confinamiento en España sobre la demanda energética y las emisiones contaminantes a la atmósfera se ha recurrido a las bases de datos de Red Eléctrica de España¹ (REE) y del Instituto Nacional de Estadística² (INE) publicadas con fecha del envío de este artículo. El periodo considerado ha sido el histórico mensual desde enero de 2015, con lo cual el lustro 2015-2019 se ha empleado como referencia mensual promedio con el que comparar las variaciones sobrevenidas por la pandemia COVID-19 durante los meses de enero a mayo de 2020. Con propósito de anualizar dichas variaciones, en primer lugar se han supuesto unos registros para junio como mes de desescalada en España análogos a los de marzo como mes de escalada y, en segundo lugar, se ha mantenido el segundo semestre de acuerdo al promedio mensual histórico asumiendo así el escenario más favorable desde el punto de vista sanitario.

La evolución de la demanda eléctrica se ha comparado con el Índice de Red

Eléctrica (IRE) para la demanda final del sector servicios, incluyendo el transporte, cuya referencia 100% del índice es el año 2010. El objetivo del IRE es adelantar la evolución de la demanda eléctrica de empresas con consumo medio/alto, desglosada por sectores de actividad industrial, de servicios y del total de consumidores medios/grandes, a partir de los datos corregidos con el calendario y las temperaturas. Si bien estos datos no se han hallado desagregados por ramas de actividad, se incluyen a modo ilustrativo los indicadores de confianza empresarial según los niveles de actividad de establecimientos durante el estado de alarma proporcionados por el INE por una parte y se determina la correlación entre estos indicadores energéticos y el transporte de viajeros mediante el coeficiente de Pearson por otra, tal como se ha descrito anteriormente para el ámbito sanitario.

3. RESULTADOS

La sección de resultados se ha estructurado de acuerdo con el enfoque triple del presente artículo. Primeramente, se aborda la influencia de la movilidad en el ámbito sanitario, después con el ámbito

medioambiental y finalmente con el energético y empresarial.

3.1. ÁMBITO SANITARIO

La eficacia en la dimensión sanitaria de las medidas y restricciones de movilidad en diferentes ciudades representativas europeas, Berlín, Londres, Madrid, Milán, París y Roma, puede analizarse en base a los datos facilitados por McKinsey & Company en [7].

La Fig. 1 muestra la evolución del nivel de interacción social y la tasa de reproducción del virus SARS-CoV-2 en tiempo real en sendas gráficas para las citadas ciudades. Para ambas variables de estudio, representadas entre la primera semana de marzo y la tercera semana de mayo aunque estas ciudades y sus países iniciaron y finalizaron sus respectivas medidas de confinamiento en diferentes momentos, se aprecia una tendencia parabólica de mínimos en torno a la cuarta semana y punto de inflexión en torno a la sexta semana desde el inicio del periodo de confinamiento.

Las curvas descritas en la Fig. 1 permiten determinar el coeficiente de correlación de Pearson para dichas ciudades, los cuales se recogen en la Tabla 1, denotados

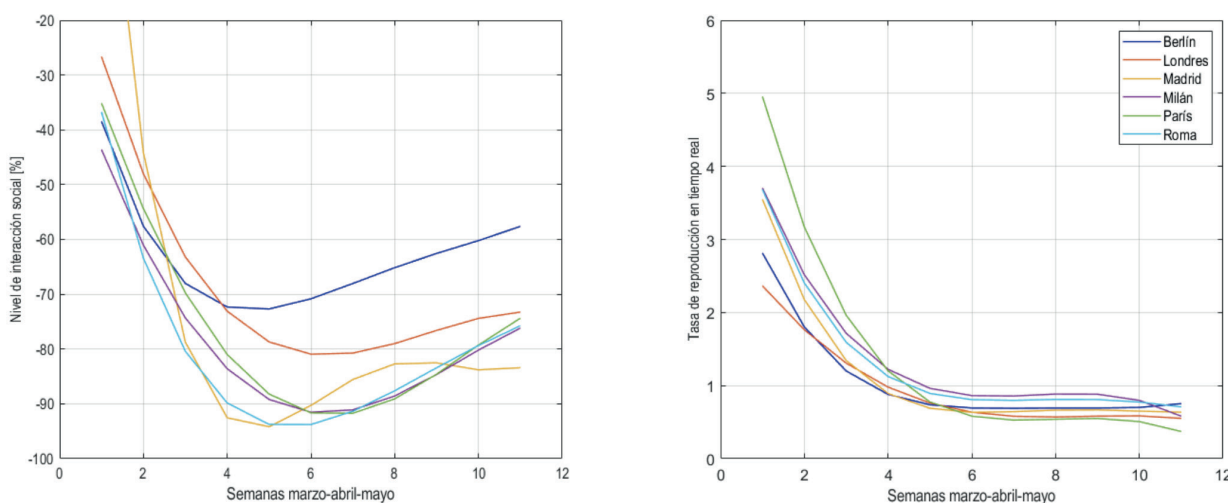


Fig. 1. Nivel de interacción social (izda) y tasa de reproducción en tiempo real (dcha) del SARS-CoV-2 para ciudades representativas europeas entre marzo y mayo de 2020. Datos publicados por McKinsey & Company

	P(Si,Rt)	Ni 01/06	Rt 7d	Rt 14d	ΔRt	Nd Rt<1	Nm PT
Berlín	0.8127	6679	0.63	0.79	+25%	13 días	4
Londres	0.9717	27020	0.63	0.53	-16%	25 días	5
Madrid	0.9700	68825	0.66	0.64	-3%	13 días	5
Milán	0.9189	23048	0.86	0.61	-29%	29 días	6
París	0.9424	8460	0.55	0.51	-7%	28 días	4
Roma	0.9099	5650	0.83	0.72	-13%	25 días	6

Tabla 1. Evolución del nivel de reproducción de SARS-CoV-2 en la frontera del levantamiento de las restricciones de movilidad para ciudades representativas europeas. Datos publicados por McKinsey & Company

¹ <https://www.ree.es/es>

² <https://www.ine.es/>

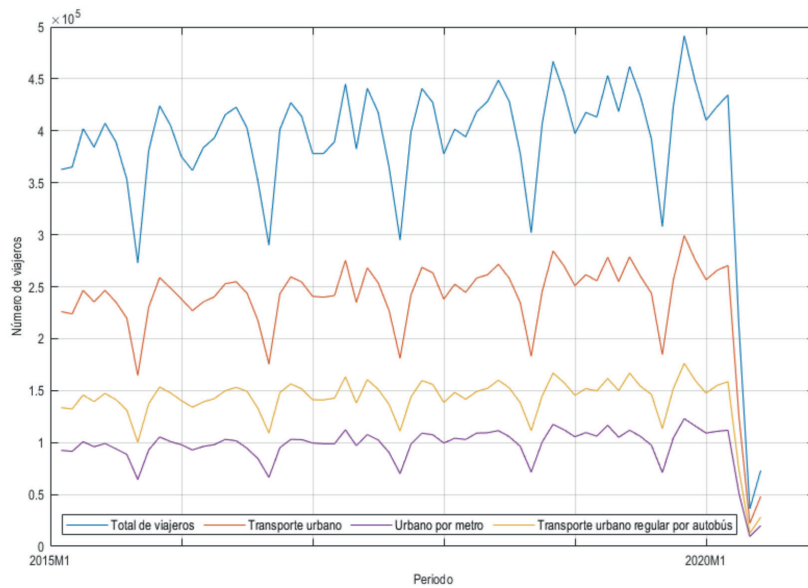


Fig. 2. Evolución del transporte de viajeros en España entre enero 2015 y mayo 2020. Datos publicados por el INE³

por $P(S_i, R_t)$ en la primera columna, junto a otros indicadores relativos a las fases de desconfinamiento o levantamiento de las restricciones de movilidad.

La segunda columna recoge el número de personas infectadas el 1 de junio de 2020 (N_i 01/06), justo al final de las evoluciones representadas en la Fig. 1. Destaca el máximo alcanzado en Madrid, superando en un orden de magnitud a otras capitales como Berlín, París o Roma. Las siguientes columnas (R_t 7d y R_t 14d) reflejan los niveles de reproducción del virus 7 días antes y 14 días después del levantamiento de las restricciones de movilidad, identificando ΔR_t a continuación la variación porcentual de dicho nivel a lo largo de esas tres semanas mencionadas. En este caso destaca Berlín como la única ciudad de las estudiadas con el virus en proceso de expansión y, en el otro extremo, Milán como la ciudad con mayor tasa disminución del nivel de reproducción dos semanas después del levantamiento de las restricciones de movilidad.

La estrategia de desescalada o levantamiento de las mencionadas restricciones se recoge en las últimas dos columnas. Pri-

mero, se designa con N_d $R_t < 1$ el número de días precedentes al levantamiento de las restricciones de movilidad en los cuales el nivel de reproducción en tiempo real fue inferior a la unidad. Después, se designa con N_m P_T el número de medidas de prevención sanitaria implementadas en los medios de transporte público tras el levantamiento de las restricciones de movilidad entre las siguientes seis: desinfección frecuente, uso de mascarilla por parte de empleados y pasajeros, uso de barreras de protección física e indicadores de distanciamiento social, limitaciones en el número de pasajeros y ampliación de la infraestructura urbana para el uso de bicicletas. Destacan Berlín y Madrid con menor número de días en el primer indicador y Milán y Roma con mayor número de medidas adicionales.

3.2. ÁMBITO MEDIOAMBIENTAL

Los resultados relativos al ámbito medioambiental se han orientado a la estimación de las emisiones contaminantes a la atmósfera en base a los datos desagregados de transporte de viajeros.

Analizando el registro estadístico histórico completo del INE para transporte de

viajeros en España, el nicho urbano representa entre todos los reportados el ámbito de movilidad más explotado, alcanzando valores medios de uso superiores al 60% del total. La Tabla 2 recoge con detalle la proporción de grupos de transporte: urbano, interurbano por autobús regular, interurbano por ferrocarril, interurbano aéreo, interurbano marítimo y transporte especial. A modo de comparación y para refrendar la significación del transporte urbano frente al resto se presentan los valores promedio en el periodo 2015–2019 frente a los del periodo enero–mayo 2020, así como la variación $\Delta\mu$ de estos promedios y sus respectivas desviaciones típicas. Es preciso señalar que la fuente no recoge el transporte en vehículo privado ni los más recientes medios de micro-movilidad urbana.

A la vista del papel preponderante del transporte urbano frente al total, la Fig. 2 muestra la evolución desagregada de éste en España desde enero de 2015 hasta mayo de 2020. En las gráficas representadas se aprecia claramente la reproducción del mismo patrón estacional en el transporte total de viajeros, el transporte urbano, el transporte por metro y por autobús, así como la caída drástica de su uso de forma unificada a partir de febrero de 2020.

Tomando como periodo de referencia el lustro 2015–2019, se ha determinado el valor medio mensual del transporte de viajeros total, urbano, urbano por metro y urbano regular por autobús. Consecuentemente, la evolución del transporte de viajeros en los meses de enero a mayo, representado con detalle en el material suplementario de este trabajo, refleja un ligero aumento de viajeros en los meses de enero y febrero, previo a la drástica reducción de los meses de marzo (~50%), abril (~91%) y mayo (~83%).

A partir de las reducciones estimadas previamente para el transporte total de viajeros, métrica consistente con el resto de estimaciones para transporte urbano, y suponiendo una reducción del transporte simétrica durante la desescalada en junio de 2020 con datos similares a los obte-

	$\mu_{2015-2019}$ [%]	μ_{2020} [%]	$\Delta\mu$	$\sigma_{2015-2019}$	σ_{2020}
Transporte urbano	61.40	62.28	-1.43	0.93	2.32
Interurbano por autobús regular	14.44	14.61	-1.17	1.12	0.57
Interurbano por ferrocarril	12.65	12.70	-0.44	0.33	0.38
Interurbano Aéreo (interior)	0.78	0.45	42.75	0.19	0.31
Interurbano Marítimo (cabotaje)	0.23	0.14	37.55	0.12	0.02
Transporte especial y discrecional	10.50	9.81	6.58	1.65	2.64

Tabla 2. Transporte de viajeros agregados por grupos representativos y comparados por periodo: 2015–2019 y 2020. Datos publicados por el INE

³ <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=20239>

	$\mu_{2015-2018}$	$\mu_{2015-2018}$ [%]	2020	2020 [%]
Gases de efecto invernadero (10^3 Tm de CO_2 equivalentes)	49315.6	14.4	38910.0	11.3
CO_2 – Dióxido de carbono (10^3 Tm)	48631.4	17.2	38370.2	13.5
PM2.5 – Partículas de diámetro menor o igual a $2.5 \mu\text{m}$ (Tm)	5585.2	5.3	4406.7	4.1
PM10 – Partículas de diámetro menor o igual a $10 \mu\text{m}$ (Tm)	6614.1	3.8	5218.5	3.0
CO – Monóxido de carbono (Tm)	59698.6	4.5	47102.2	3.5
SO_2 – Dióxido de azufre (Tm)	13303.6	5.5	10496.6	4.3
NO_x – Óxidos de nitrógeno (Tm de NO_2 equivalentes)	249689.9	27.4	197005.3	21.7

Tabla 3. Promedio histórico 2015–2018 (Datos publicados por el INE) y estimación realizada por los autores para el periodo 2020 de emisiones significativas a la atmósfera en la rama de actividad de Transporte y Almacenamiento (CNAE 2009)

nidos en marzo, se ha estimado una reducción del transporte total de viajeros en 2020 del 21.1%. Asumiendo como hipótesis de trabajo para este artículo la misma tasa de reducción para las emisiones contaminantes a la atmósfera, basada en la alta correlación de la movilidad de personas con la actividad laboral y el transporte que podría desprenderse de [1,3], la Tabla 3 muestra la estimación de las emisiones más significativas y atribuibles al sector del transporte para el año 2020. Para ello se ha partido del histórico disponible en el INE entre 2015 y 2018, sobre cuyos valores promedio se ha aplicado la reducción del 21.1% determinado anteriormente para el transporte.

3.3. ÁMBITO ENERGÉTICO-EMPRESARIAL

El impacto de la pandemia COVID-19 sobre el sector energético y el tejido empresarial español, incluso reduciendo el enfoque a la movilidad y el transporte, es una tarea poliédrica que escapa del alcance de este trabajo y que aún sería prematuro de estimar completamente. Sin embargo, con el propósito de determinar su grado de dependencia con la movi-

lidad y analizar la validez de ésta como métrica, la Fig. 3 muestra la evolución de la demanda eléctrica nacional entre 2015 y 2020 (eje de ordenadas izquierdo) solapada con el índice de red eléctrica (IRE) para la demanda final del sector servicios, incluyendo el transporte (eje de ordenadas derecho).

Ambas curvas reflejan la caída drástica de la demanda a partir de marzo de 2020. Tomando como periodo de referencia el lustro 2015–2019, se ha determinado el valor medio mensual de la demanda de energía eléctrica y del IRE. La reducción porcentual en los meses de restricciones de la movilidad ha resultado ser del 7.0% en marzo, 17.3% en abril y 13.8% en mayo para la demanda total y 9.36% en marzo, 23.1% en abril y 21.4% en mayo para el IRE Servicios. A partir de estas estimaciones y suponiendo una reducción de la demanda energética simétrica durante la desescalada en junio de 2020 con datos similares a los obtenidos en marzo, se ha estimado una reducción de la demanda energética total en 2020 del 3.9%. Es preciso destacar que esta estimación correspondería al escenario más conservador desde el punto de vista sani-

tario, con lo cual correspondería al mínimo previsto en ausencia de rebotes del virus SARS-CoV-2 y nuevas medidas de reducción de movilidad.

Finalmente, en el ámbito empresarial resultan muy esclarecedores los datos de nivel de actividad publicados por el INE y que se muestran desagregados por sector de actividad en la sección de material suplementario de este trabajo, destacando como valor más elevado de los recogidos en este sondeo el 41.40% de establecimientos del sector del transporte y la hostelería cerrados durante todo o la mayor parte del confinamiento por motivos legales.

4. DISCUSIÓN

En el ámbito sanitario la relación entre el nivel de interacción social y la tasa de reproducción en tiempo real se aprecia de forma evidente en las gráficas de la Fig 1. En éstas, los niveles mínimos de interacción social, alcanzados por lo general en torno a la semana 4 de restricción de la movilidad, marcan la estabilización de los niveles de reproducción del virus por debajo de la unidad. Es decir, el número medio de personas contagiadas por una persona ya infectada comienza a ser inferior a la unidad durante el mes de abril, encontrando un punto de inflexión en la expansión de la propagación del virus entre la población europea en torno a la semana 6. A su vez, los coeficientes de correlación de Pearson recogidos en la Tabla 1 abundan en la elevada dependencia de la movilidad y el nivel de reproducción del virus SARS-CoV-2 para todas las ciudades europeas analizadas, lo cual confirmaría las restricciones de movilidad como métrica en el ámbito sanitario durante la pandemia COVID-19. El levantamiento de las restricciones de movilidad ha estado supeditado a diferentes estrategias políticas, económicas y sanitarias en las ciudades analizadas, cuya influencia sobre el número de infectados y el nivel de repro-

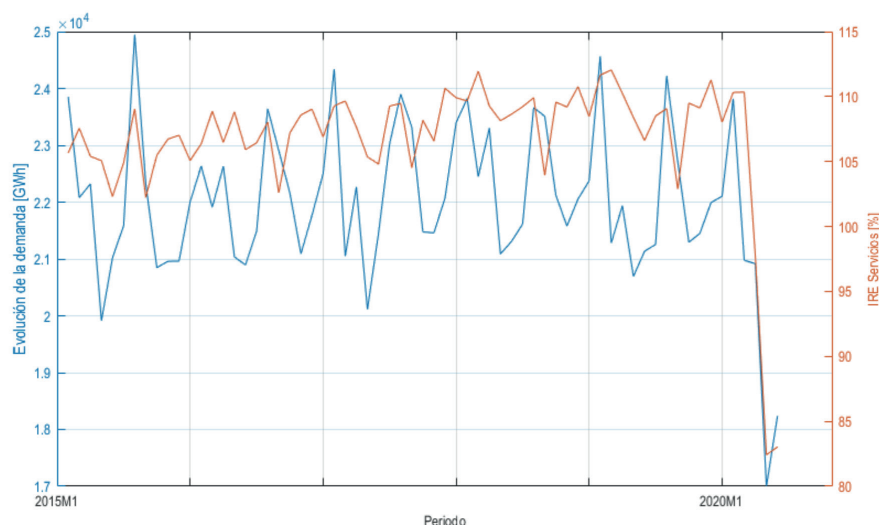


Fig. 3. Evolución de la demanda eléctrica y del IRE Servicios en España entre enero 2015 y mayo 2020. Datos publicados por REE

ducción del virus se prestaría a un análisis más exhaustivo en trabajos futuros que el esbozado en el material suplementario de este trabajo.

En el ámbito medioambiental se ha determinado en primer lugar la preponderancia del transporte urbano frente al resto y, en segundo lugar, se ha estimado la reducción del transporte total de viajeros en 2020 del 21.1%. Con este dato se ha inferido la reducción de las emisiones contaminantes a la atmósfera, acorde a lo publicado en otros estudios como [3]. Es preciso destacar que esta estimación correspondería al escenario más conservador desde el punto de vista sanitario, con lo cual correspondería al mínimo previsto en ausencia de rebrotes del virus SARS-CoV-2 y nuevas medidas de reducción de movilidad.

Por otro lado, es preciso contemplar la posibilidad de que el impacto de la COVID-19 haya sido mayor en zonas urbanas de mayor contaminación atmosférica, a pesar de que no es objeto de este trabajo así lo apuntan ciertas publicaciones recientes [8]. Dado que se trata de una enfermedad eminentemente respiratoria, la exposición continuada a NO₂ y PM ha repercutido en el agravamiento de patologías previas de los ciudadanos y el incremento de las tasas de hospitalizaciones y fallecimientos. Más aún, existen actualmente estudios dirigidos a dirimir si las partículas podrían favorecer el transporte del virus SARS-CoV-2 en forma de aerosoles, aumentando así la capacidad de transmisión en el ambiente en las ciudades más contaminadas.

Respecto al ámbito energético, en el periodo de estudio se ha determinado el coeficiente de correlación de Pearson de la evolución de la demanda eléctrica con la evolución del transporte de viajeros total representado en la Fig. 2, resultando 0.30, y con la evolución del número de usuarios de transporte urbano de la misma figura, resultando 0.33, no pudiendo afirmar correlación significativa en estos casos. No obstante, los coeficientes de correlación de Pearson de la evolución del IRE con la evolución del transporte de viajeros total es de 0.87, y con la evolución del número de usuarios de transporte urbano de 0.89. En este caso sí se encuentra una clara correlación entre la demanda final por el sector de actividad servicios con la evolución de la movilidad y especialmente la urbana.

Los resultados expuestos, en particular la influencia de las medidas coadyuvantes adoptadas en las fases de levantamiento de restricciones a la movilidad,

ponen de manifiesto la importancia de la comunicación de los riesgos y protocolos de actuación a la población promoviendo comportamientos protectores apropiados. En el mismo sentido, admitiendo que la contaminación atmosférica de las ciudades puede ser un factor crítico desde el punto de vista sanitario, más aún en una pandemia por un virus nocivo para las vías respiratorias, la planificación y futura gestión de la movilidad urbana es una tarea clave que requiere definir modelos de gestión de crisis dinámicos, multidireccionales y de comunicación y coordinación frecuente con los usuarios finales a través de grupos de trabajo como el que se presenta en el material suplementario de este trabajo, inspirado en el modelo integrado de comunicación de riesgo de Nigg [9].

5. CONCLUSIONES

Los resultados expuestos permiten concluir que existe una elevada correlación entre los registros de reducción de la movilidad urbana en España durante la pandemia COVID-19 y los ámbitos sanitario, medioambiental y energético. En el primero, se ha obtenido una elevada correlación entre la movilidad y el nivel de reproducción del virus SARS-CoV-2 para todas las ciudades europeas analizadas. En base a la reducción del transporte estimada del 21.1% se han calculado las emisiones contaminantes a la atmósfera suponiendo una reducción de éstas en la misma proporción según apuntan las publicaciones más recientes. Por último, se ha hallado una elevada correlación entre la demanda energética final por el sector de actividad servicios y el transporte de viajeros total y urbano. Por tanto, podría considerarse como una métrica de estos tres prismas y herramienta adicional de inferencia.

Además, dada la intrincada relación de la movilidad con estos ámbitos en núcleos urbanos altamente congestionados, es razonable impulsar trabajos futuros en torno a la creación de un plan de movilidad urbana sostenible y segura tanto en escenarios ordinarios como de crisis epidemiológica, así como sus directrices de gestión y comunicación social. La monitorización y evaluación de la toma de decisiones se plantean como elementos clave en la realimentación de los mecanismos de gobernanza en escenarios futuros de crisis sanitaria. Más aún cuando la actividad económica puede ser un aspecto determinante en el balance entre la salud de la población y la resistencia del sistema sanitario.

REFERENCIAS

- [1] Carteni A, Di Francesco L, Martino M. "How mobility habits influenced the spread of the COVID-19 pandemic: Results from the Italian case study". *Science of The Total Environment*, November 2020. Vol. 741. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140489>
- [2] Kanda W, Kivimaa P. "What opportunities could the COVID-19 outbreak offer for sustainability transitions research on electricity and mobility?". *Energy Research & Social Science*, October 2020. Vol. 68. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101666>
- [3] Sulaman M, Long X, Salman M. "COVID-19 pandemic and environmental pollution: A blessing in disguise?". *Science of The Total Environment*, August 2020. Vol. 728. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138820>
- [4] Le Quéré C, et al. "Temporary reduction in daily global CO2 emissions during the COVID-19 forced confinement". *Nature climate change*, May 2020. Vol. 10, pp.647-653. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0797-x>
- [5] Nassar R, et al. "Quantifying CO2 emissions from individual power plants from space." *Geophysical Research Letters*, September 2017. Vol 44, No 19, pp. 10-45. DOI: <https://doi.org/10.1002/2017GL074702>
- [6] Hong T, et al. "An optimized gene expression programming model for forecasting the national CO2 emissions in 2030 using the metaheuristic algorithms". *Applied energy*, October 2018, Vol. 228, pp. 808-820. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.06.106>
- [7] Chechulin D, Melnicov L, Pokotilo V. "Reopening cities after COVID-19". *McKinsey & Company Insights*. July 20th 2020.
- [8] Ogen Y. "Assessing nitrogen dioxide (NO2) levels as a contributing factor to coronavirus (COVID-19) fatality". *Science of The Total Environment*, July 2020. Vol. 726, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138605>
- [9] Nigg JM. "Risk communication and warning systems". In T. Horlick-Jones, A. Amendola, & R. Casale (Eds.), 1995. *Natural risk and civil protection* (pp. 369-382). London: E & FN Spon.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de la Universidad Pontificia Comillas mediante la concesión del proyecto "Movilidad urbana post-COVID19" en la Convocatoria de Financiación de Proyectos de Investigación Propios 2020.

MATERIAL ADICIONAL

https://www.revistadyna.com/documentos/pdfs/_adic/9897-1.pdf

