

CIUDAD Y TERRITORIO

ESTUDIOS TERRITORIALES

ISSN(P): 1133-4762; ISSN(E): 2659-3254

Vol. LV, Nº 218, invierno 2023

Págs. 1033-1054

<https://doi.org/10.37230/CyTET.2023.218.3>

CC BY-NC-ND



Caer y levantarse: como la ciudad de Madrid ha afrontado el COVID-19 de acuerdo con los datos de libre reutilización

Javier BARROS-GUERTON ⁽¹⁾José María EZQUIAGA-DOMÍNGUEZ ⁽²⁾⁽¹⁾ Arquitecto⁽²⁾ Dr. Arquitecto^{(1) (2)} Universidad Politécnica de Madrid

Resumen: La emergencia sanitaria COVID-19 ha alterado las dinámicas territoriales de la escala global a la local, y la densidad urbana ha sido presentada en el debate público como factor de riesgo. El presente artículo analiza la evolución durante la emergencia de indicadores mensuales en los 21 Distritos la ciudad de Madrid, un caso de especial interés por su diversidad interna y su disponibilidad de datos abiertos. Según los análisis, la correlación entre densidad edificatoria y difusión de la enfermedad no ha sido significativa, aunque han podido ser relevantes el tamaño de la vivienda y las situaciones de hacinamiento. La movilidad muestra evoluciones de interés, probablemente vinculadas al teletrabajo. Los datos utilizados permiten evaluar la capacidad de los actuales sistemas de datos abiertos para integrarse en un gemelo digital urbano para la gestión sostenible de la ciudad.

Palabras clave: Datos abiertos; Urbanismo; Análisis espacio-temporal; Salud.

Recibido: 09.18.2022; Revisado: 26.06.2023

Correo electrónico (1): jbezqui@gmail.com Nº ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4235-1066>Correo electrónico (2): jm.ezquiaga@upm.es Nº ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6666-5070>

Los autores agradecen los comentarios y sugerencias realizados por los evaluadores anónimos, que han contribuido a mejorar y enriquecer el manuscrito original

Falling and getting up: how the city of Madrid has coped with COVID-19 according to free reuse data

Abstract: The COVID-19 health emergency has significantly altered spatial dynamics from the global to the local scale, and the potential relevance of urban density as a risk factor has been raised in the public debate. This article analyses how monthly indicators have changed in the 21 Districts of the city of Madrid during the emergency. The case is relevant due to its size and diversity, as well as due to its unusual open data availability. The correlation between built density and illness incidence has not been relevant, although in a certain moment average home sizes and overcrowding was probably relevant. The mobility scenario shows interesting trends, which could be related to a generalization of telecommuting. The data used have allowed an evaluation of the ability of the current open data systems to integrate in an urban digital twin oriented towards a sustainable city management.

Keywords: Open data; Urbanism; Spatio temporal analysis; Health.

1. Introducción

Desde marzo de 2020 la enfermedad COVID-19, provocada por el virus SARS-CoV-2, ha alterado las dinámicas socioeconómicas a nivel global y local. En el debate público, tanto en España (GRACIA, 2020) como en otros ámbitos geográficos (ROSENTHAL, 2020), cobró relevancia al inicio de la emergencia sanitaria la idea de que la densidad de población era un factor agravante del riesgo, y se predijo que podría producirse un éxodo de las grandes ciudades hacia asentamientos de menor tamaño, con una recuperación demográfica en el mundo rural (ESCUELA DE PERIODISMO UAM- EL PAÍS, 2020) gracias al teletrabajo, una modalidad cuya consolidación está resultando compleja al reducirse su utilización tras el auge durante el confinamiento domiciliario (OBSERVATORIO NACIONAL DE TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD, ONTSI, 2022). En el caso español, los datos desde el inicio de la pandemia hasta avanzado 2022 a escala provincial (INSTITUTO DE SALUD CARLOS III, 2022) muestran que las tres provincias que han experimentado los mayores números de casos y de defunciones han sido las más pobladas y con mayor densidad de población, pero también que en los siguientes puestos no existe esa correspondencia. Sevilla, con la 4ª densidad de población más alta, ocupa la 7ª posición en número de casos y defunciones, o Zaragoza, en la 15ª posición por densidad provincial, ocupó la 5ª plaza por casos y defunciones. Estas discordancias se reproducen previsiblemente a nivel subprovincial, pero la disponibilidad de datos es, a dicha escala, muchas veces fragmentaria o incluso inexistente en formatos abiertos, especialmente en lo correspondiente a las defunciones.

Desde el ámbito de las ciencias de la salud se ha producido una amplia reflexión sobre el COVID-19, considerando

“hacer uso del término sindemia para utilizar un marco de análisis que entiende la salud desde la complejidad de lo biopsicosociocultural, en el que coexisten diferentes enfermedades (no sólo la COVID-19) con factores sociales y ambientales que interactúan entre sí” (JAIQUES AVIÑÓ & al., 2022).

Se han llegado a formular, a partir del marco conceptual de determinantes sociales de la salud de la OMS, reflexiones sobre las condiciones específicas de la COVID-19 (VÁSQUEZ VERA & al., 2021), mencionando entre otros factores las condiciones de vivienda, el entorno residencial y los sistemas de movilidad y transporte. Se ha estudiado la incidencia de la enfermedad en diversos ámbitos geográficos, y específicamente para la ciudad de Madrid que muestran

“diferencias importantes entre los dos episodios de la pandemia: por una parte el primero tuvo más relación con factores de salud mientras que en el segundo apareció una relación con los colectivos de mayor vulnerabilidad social, territorialmente localizados en la zona Sur-Este de la ciudad, y relacionándose en este caso con factores sociales más que de salud” (ESTEBAN & al., 2021),

Estos nuevos resultados desarrollan trabajos previos de interés (ESTEBAN & al., 2020), que atendiendo a aspectos como la vulnerabilidad social y basándose en la Encuesta de Salud de la Ciudad de Madrid de 2017 muestran una relación entre condiciones del territorio y salud. Igualmente, se ha estudiado el impacto de la situación de confinamiento en la población de la ciudad tras la declaración del Estado de Alarma, con una encuesta (AYUNTAMIENTO DE MADRID, 2020), cuyos

resultados muestran importantes impactos sobre factores como el empleo, el comportamiento durante el confinamiento, el empleo y los ingresos de los hogares. El impacto a nivel de salud mental ha sido igualmente relevante (BUITRAGO RAMÍREZ & CIURANA MISOL & FERNÁNDEZ ALONSO & TIZÓN, 2020). Desde el ámbito urbanístico, la emergencia sanitaria ha potenciado reflexiones de interés sobre el modelo de ciudad (MARIN COTS & PALOMARES, 2020 y CÓRDOBA HERNÁNDEZ & al., 2020).

Por otra parte, la disponibilidad de datos de libre reutilización, ya sean de origen público o privado, sigue creciendo en número, calidad y granularidad, y supone una oportunidad para alimentar la reflexión sobre los fenómenos urbanos. La granularidad y la accesibilidad a través de internet permite, incluso, superar los límites administrativos clásicos del estado-nación, como muestra el ejemplo de la base unificada del parque edificatorio europeo (MILOJEVIC-DUPONT & al., 2023); esto suscita la necesidad de marcos de interpretación adaptados a la diversidad de situaciones.

El concepto de gemelo digital (GRIEVES 2019; LEI & JANSEN & STOTER & BILJECKI, 2023) se ha planteado recientemente desde la esfera de la gestión del ciclo de vida de productos, y se basa en la premisa de que un sistema físico puede ser representado a través de uno virtual que se actualiza a lo largo de su vida con datos del primero. Esto implica que con el tiempo se pueden desarrollar métodos predictivos que permitan optimizar el funcionamiento y la actualización del sistema físico. En el ámbito urbano esto supone un nuevo marco para las iniciativas de ciudades inteligentes o “Smart cities”; aquí el gemelo urbano debería dotarse de características especiales, teniendo en cuenta las diferencias que hay entre una ciudad y un objeto industrial (GUERTON & DOMÍNGUEZ, 2022). Los sistemas de datos de libre reutilización alimentarán a estos gemelos, que todo indica que serán sistemas híbridos por agregación de datos de diversas fuentes, en los que la interoperabilidad será la clave.

El presente trabajo parte de dos hipótesis. En primer lugar, los datos abiertos suponen una herramienta útil para la interpretación de las dinámicas urbanas y, en consecuencia, orientar las medidas de planeamiento urbanístico y territorial. Y en segundo lugar, estos datos son el punto de partida para la conformación de los gemelos urbanos digitales.

Los objetivos del trabajo son, a los efectos de verificar las hipótesis formuladas, por un lado, evaluar hasta qué punto ha habido relación entre la evolución de la crisis sanitaria y

los parámetros urbanísticos y socioeconómicos de los Distritos de Madrid, como ejemplo de un análisis a escala geográfica pormenorizada. Por otro lado, se busca estimar el impacto del teletrabajo sobre las dinámicas urbanas a partir de los indicadores disponibles, recordando que las encuestas del Ayuntamiento de Madrid estiman que hasta un 59% de la población habría sido afectada por esta modalidad.

2. Metodología

2.1. El caso de Madrid

El artículo se organiza como un análisis de caso de las dinámicas de uso de un espacio urbano complejo a partir de indicadores. El municipio de Madrid (Fig.1) es un caso de interés por su tamaño y por la amplia disponibilidad de datos abiertos. Por sus dimensiones geográficas y socioeconómicas muestra una variedad de situaciones (AGUILAR LUCATO, 2021), desde los tejidos de elevada densidad del centro histórico a Distritos como Fuencarral- El Pardo o Moncloa- Aravaca, que en muchos sentidos son más asimilables a municipios periféricos del área metropolitana. Se dispone de una amplia variedad de datos abiertos, pues a las fuentes estatales y regionales publicadas con carácter general se añaden los producidos por los servicios municipales y versiones más granulares de los estatales. Por otra parte, la Comunidad de Madrid ha publicado los datos epidemiológicos del COVID-19 a escala geográfica de Zonas Básicas de Salud y de Distritos, cuando en general las Comunidades Autónomas han publicado datos por municipios.

El municipio de Madrid presenta, además, una elevada concentración de empleo terciario avanzado y de las administraciones públicas, a menudo susceptible de adoptar el teletrabajo como respuesta a las restricciones de la movilidad. De acuerdo con los datos de la Encuesta de Población Activa para el municipio, en el último trimestre de 2019 en el municipio había en el municipio más de 500 000 empleos sólo en los subsectores de información y comunicaciones, actividades financieras y de seguros, de actividades profesionales, científicas y técnicas, y de actividades administrativas y de servicios auxiliares. De acuerdo con los datos del Observatorio Nacional de Tecnología y Sociedad (ONTSI), que explotan la Encuesta de Población Activa, la Comunidad de Madrid presenta la mayor prevalencia del teletrabajo de todas las Comunidades Autónomas españolas, duplicando el valor

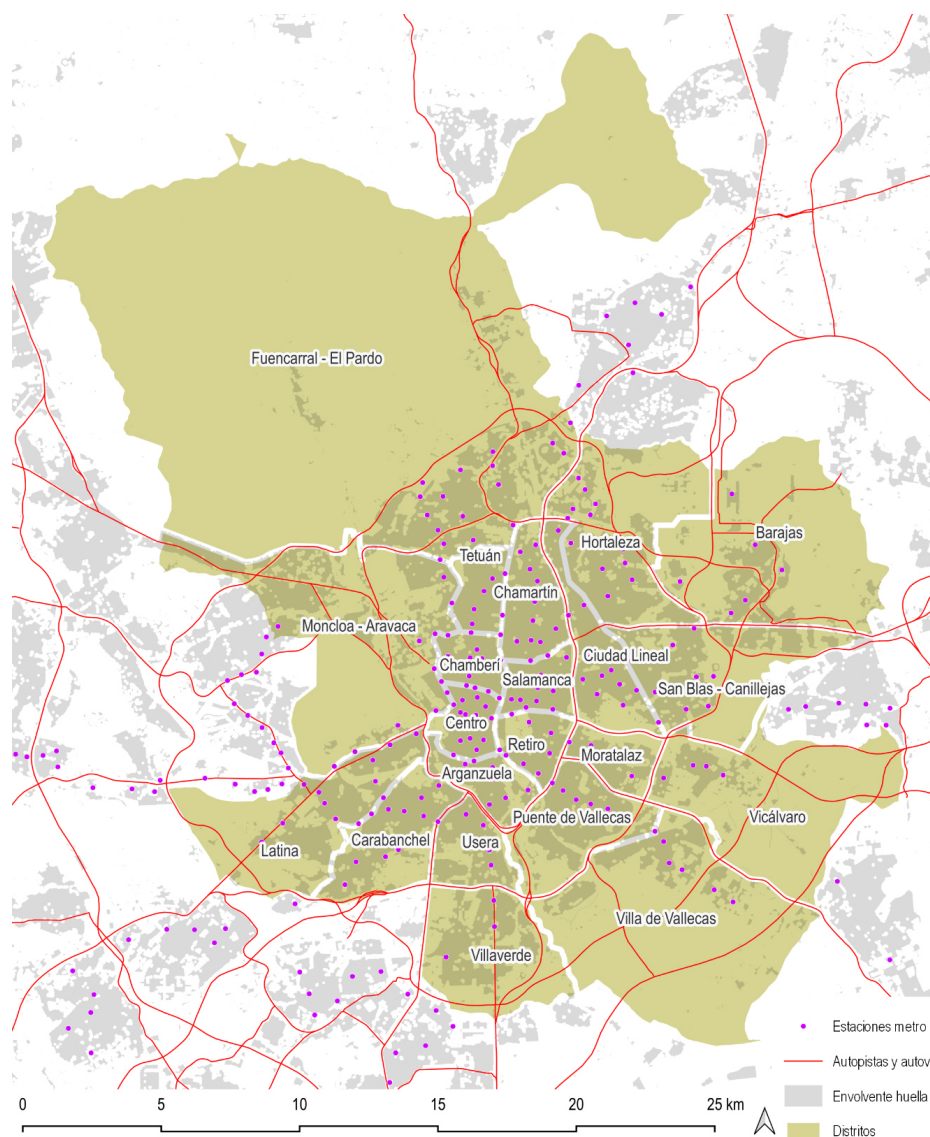


FIG. 1 / Distritos de la ciudad de Madrid, envolvente de la huella edificada ponderada calculada de acuerdo con la metodología expuesta en el artículo, y principales elementos de la red de movilidad urbana

Fuente: Portal de Datos Abiertos del Ayuntamiento de Madrid

nacional, y en el tercer trimestre de 2021 se estimaba que el 16,6% de los ocupados teletrabajaban, un descenso respecto al valor estimado para el segundo trimestre de 2020, durante el confinamiento, que fue del 26,6%.

Se toma como periodo de análisis el comprendido entre el mes de marzo de 2020 (inicio del Estado de Alarma) y el mes de noviembre de 2021, cuando los procesos de vacunación y la evolución de la enfermedad, con la aparición de la cepa Omicrón, implican un cambio de escenario. El inicio de 2022 con la guerra en Ucrania también justifica

acotar el análisis al periodo mencionado. Entre marzo de 2020 y noviembre de 2021 el municipio experimenta una alteración de las dinámicas socioeconómicas que también se producen a escala nacional e internacional, pues las restricciones a la movilidad y a las aglomeraciones de personas afectan a los procesos productivos, la prestación de servicios y las cadenas logísticas. Estas correlaciones local-global escapan al alcance del trabajo. A los efectos de una mejor comprensión de la magnitud de las alteraciones producidas durante este periodo, se presentan datos del año 2019, previo a la emergencia.

Este periodo de análisis entre marzo de 2020 y noviembre de 2021 es, a su vez, el escenario de otros eventos. Tras el confinamiento domiciliario general decretado en marzo por el Gobierno central le suceden hasta 32 Ordenes de la Consejería de Sanidad que prorrogan la 1178/2020, de 18 de septiembre, o establecen medidas específicas, hasta abril de 2021, que definen confinamientos y restricciones parciales por alcance geográfico y/o de las actividades permitidas. Afectaron (Órdenes 1226/2020 y 1352/2020) al conjunto del municipio, y en el resto de los casos a hasta 64 de las 134 Zonas Básicas de Salud en que se divide el municipio. Igualmente, la interpretación de las variables debe hacerse considerando la persistencia, aunque alterada, de la estacionalidad de las dinámicas urbanas, como la reducción del tráfico en verano, y otros fenómenos imprevisibles como la tormenta de nieve Filomena en enero de 2021, que restringió la movilidad durante días en la ciudad y su área metropolitana.

2.2. Bases legales del concepto de datos abiertos

La información susceptible de reutilización para la investigación en urbanismo difundida por las Administraciones Públicas puede agruparse en dos grandes categorías:

1. Datos inscritos en un marco normativo general que especifica sus características. En el caso español, suele emanar del derecho de la Unión Europea. A modo de ejemplos:
 - a. El Programa Estadístico Europeo 2021-2027, establecido a través del Reglamento (UE) 2021/690 del Parlamento Europeo y del Consejo de 28 de abril de 2021, es una de las bases para el vigente Plan Estadístico Nacional 2021-2024, que se desarrolla a través de Programas Anuales, siendo el vigente el de 2022. El anexo III (Descripción de las operaciones estadísticas) del Plan Estadístico Nacional 2021-2024 describe, por ejemplo, las operaciones:
 - i. 8530 Estadística del Catastro Inmobiliario Urbano. Sus fines son: *“Publicación de las principales características de los inmuebles urbanos que forman parte de la base de datos catastral”*.
 - ii. 8862 Cifras Oficiales de Población de los Municipios Españoles: Revisión del Padrón Municipal. Sus fines son: *“Obtención de las cifras oficiales de población de todos los municipios españoles a 1 de enero de cada año”*.

- b. La Directiva 2007/2/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, conocida como INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe), es una de las bases de la Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España (LISIGE), que transpone la Directiva al ordenamiento jurídico español.
2. Datos adicionales definidos por cada Administración según sus necesidades. Son ejemplos los datos de tráfico cada 15 minutos, o los catastrales desagregados por locales. Incluyen potencialmente cualquier documento generado utilizando medios presupuestarios de la Administración Pública, lo que los hace heterogéneos y potencialmente discontinuos.

La Directiva 2003/98/CE, de 17 de noviembre de 2003, del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la reutilización de la información del sector público, ha sido desarrollada en España a través de la Ley 37/2007, de 16 de noviembre, sobre reutilización de información del sector público, que define los datos abiertos como *“... aquellos que cualquiera es libre de utilizar, reutilizar y redistribuir, con el único límite, en su caso, del requisito de atribución de su fuente o reconocimiento de su autoría”*; en su artículo 3 se especifica el alcance del concepto de reutilización de información del sector público, y en el 5 se establece que, dentro de lo posible, los documentos se facilitarán en formatos abiertos, accesibles, legibles por máquina y conjuntamente con sus metadatos, con los niveles más elevados de precisión y desagregación, fáciles de localizar, y reutilizables.

2.3. Fuentes

2.3.1. Datos estatales

La Dirección General del Catastro publica semestralmente datos bajo la especificación INSPIRE, y trimestralmente con otra propia, más completa, asociada al formato FXCC/.cat. Su granularidad permite realizar estudios de alto nivel de detalle (MARTÍN-CONSUEGRA & DE FRUTOS & HERNÁNDEZ-AJA & OTEIZA & ALONSO & FRUTOS 2021). A los efectos de la medición de densidad edificada comparables entre Distritos con condiciones muy diferentes se ha optado por definir como numerador la suma de las superficies de los locales urbanísticamente computables, y como denominador una huella ponderada de la edificación, construida a través de un procedimiento (BARROS GUERTON & EZQUIAGA DOMÍNGUEZ, 2020) que da relevancia a la proximidad (FIG. 2). Primero se realiza una equidistancia a 50 m hacia el exterior del conjunto de las huellas edificadas sobre rasante reflejadas en el catastro,



FIG. 2 / Determinación del denominador para el cálculo de densidades urbanas. Ejemplo en el entorno del cruce de la Calle 30 con la Avenida de América. Izquierda: volúmenes edificados sobre rasante; centro: envolvente de equidistancias de 50 m respecto de las edificaciones; derecha: equidistancia hacia el interior de 50 m, rayado de la zona considerada como huella ponderada

Fuente: Elaboración propia sobre cartografía catastral

y posteriormente la equidistancia de la envolvente de la operación anterior 50 m hacia el interior, resultando en la superficie ponderada. En cuanto a la superficie construida promedio de las viviendas, se ha tomado el valor de superficie de los locales con destino vivienda del registro 14, excluyendo trasteros o garajes; el número de viviendas utilizado es el de bienes inmuebles residenciales, aproximación considerada válida, aunque excluye edificios de vivienda en alquiler sin división horizontal, una categoría poco usual en Madrid.

El Atlas de Renta de los Hogares, publicado por el Instituto Nacional de Estadística con carácter experimental, aporta datos sobre esta variable por Secciones Censales, Distritos y Municipios. Permite estudiar la relación entre la renta y otros factores. Se ha tomado como referencia el valor de 2019, inmediatamente anterior a la emergencia sanitaria. El Ayuntamiento de Madrid publica, a partir de datos del Servicio Público de Empleo Estatal (SEPE), datos por Distrito y Barrio sobre paro. Se emplean los datos del Ministerio de Sanidad sobre porcentaje de población vacunada con la primera dosis; ese dato abierto sólo ha encontrado publicado para el conjunto de la Comunidad de Madrid, pero se ha considerado al menos ilustrativo del avance del proceso, considerando que la vacunación no se organizó por Distritos.

2.3.2. Datos regionales

La Comunidad de Madrid publicó los datos sobre incidencia de la enfermedad, con una frecuencia diaria durante el Estado de Alarma y semanal con posterioridad. El análisis de la evolución epidémica por Distritos considera tanto la Tasa de Incidencia Acumulada (TIA) total, con el número de infectados desde el inicio, como la TIA a 14 días,

que explicita las olas padecidas. En el artículo la TIA total se ha considerado factor de riesgo a medio- largo plazo, de modo que a mayor incidencia global, mayor riesgo de casos graves o de complicaciones de larga duración. La TIA a 14 días, indicador utilizado para las decisiones de confinamiento zonal, puede ser explicativa de la evolución de las actividades económicas y sociales. No ha sido posible contar con datos desagregados sobre mortalidad y sobre gravedad de la incidencia. Por otra parte, la publicación de los datos durante la crisis sanitaria fue objeto de diversos cambios de metodología; los utilizados en el presente trabajo corresponden a las tablas disponibles en julio de 2022 en el portal de datos de la Comunidad de Madrid.

2.3.3. Datos subregionales

La Carta de Servicios de Información Estadística del Ayuntamiento de Madrid, gestionada por el Área de Gobierno de Hacienda y Personal, incluye dentro de su ámbito el portal municipal de Datos Abiertos. Se han utilizado para el presente estudio los datos de esta fuente relativos al Padrón mensual, una fuente declarativa, afectada por los periodos de confinamiento, dado que el trámite para el alta y cambio de municipio es presencial. Las cifras oficiales del padrón son las correspondientes a la revisión a 1 de enero de cada año, carácter que no tienen las cifras mensuales utilizadas, que pese a todo se han considerado de interés. Se han utilizado también los datos sobre licencias, contabilizados por fecha de concesión. El impacto de la Ley 1/2020, de 8 de octubre, por la que se modifica la Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo de la Comunidad de Madrid, para el impulso y reactivación de la actividad urbanística, que otorga

una gran relevancia a las declaraciones responsables, es apreciable en su participación en el número de expedientes. A los efectos de caracterizar la evolución de la movilidad se han considerado datos sobre tráfico rodado y metro. En el primer caso, se ha partido del número de vehículos detectados cada 15 minutos en puntos de medición, que permite obtener una aproximación al grado de uso de las vías por vehículos a motor, un determinante ambiental de la salud por efecto del ruido y la contaminación, como también de la movilidad de personas. Metro de Madrid publica datos sobre número de personas entradas en estaciones cada mes, que se han utilizado como aproximación al grado de utilización de este modo de transporte público.

la de otras fuentes públicas y privadas, como los datos sobre precios de vivienda tomados del portal idealista.com, de interés por su relevancia en el mercado¹; estas fuentes corresponden a una divulgación voluntaria, y no están sujetos al mismo marco legal que regula los datos abiertos de las Administraciones Públicas. Por su interés, se han utilizado las cifras de esta fuente en el estudio (FIG. 3).

2.3.5. Tabla resumen de fuentes de datos utilizadas en el artículo

Entidad difusora	Operación	Dato	Resolución			
			Espacial		Temporal	
			Original	Utilizada	Original	Utilizada
Dirección General del Catastro, Ministerio de Hacienda y Función Pública	Difusión de datos catastrales con especificación propia	Superficie construida (m²)	Bien inmueble	Distrito	Trimestral	2019, 2021
		Nº de bienes inmuebles residenciales	Bien inmueble	Distrito		
		Superficie con destino vivienda	Local en bien inmueble	Distrito		
Instituto Nacional de Estadística	Atlas de Renta de los Hogares	Renta neta media por persona, €/ año	Sección censal	Distrito	Anual	Anual
Comunidad de Madrid	Situación epidemiológica COVID-19	TIA, total y a 14 días, de COVID-19	Zona básica de salud	Distrito	Diaria hasta 1/07/2020, semanal	Mensual
Ayuntamiento de Madrid	Padrón Municipal de Habitantes	Nº y características de habitantes	Sección censal	Distrito	Mensual	Mensual
	Paro registrado (a partir de microdatos SEPE)	Nº parados	Distrito	Distrito	Mensual	Mensual
	Licencias urbanísticas (total) y declaraciones responsables	Nº de actos de cada una de las categorías	Dirección postal	Distrito	Diaria	Mensual
	Histórico de datos del tráfico desde 2013	Nº de vehículos detectados	Más de 4000 puntos	Distrito	15 minutos (base SICTRAM)	Mensual
Metro de Madrid	Entradas en estaciones	Nº de personas que acceden	Estación	Distrito	Mensual	Mensual
Idealista.com	Informe de precios en venta	Precio medio de venta de vivienda (€/m²)	Barrio	Distrito	Mensual	Mensual

FIG. 3 / Síntesis de fuentes de datos de libre reutilización utilizadas para la redacción del artículo

Fuente: Elaboración propia

2.3.4. Otros datos de libre reutilización

El Ayuntamiento de Madrid publica en su portal de datos abiertos, junto a su propia producción,

2.4. Tratamiento de los datos

El análisis de las dinámicas globales del conjunto del municipio aporta un marco general de referencia. La caracterización del municipio

¹ En julio de 2022 en idealista.com figuran 50 447 anuncios de viviendas en venta para el municipio de Madrid; datos del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, en el

tercer trimestre de 2021 se registraron en el municipio 10 330 compraventas de vivienda, se asume como hipótesis la representatividad de sus datos.

planteada en la introducción se complementa con una serie mensual, asignando a cada primero de mes o bien el valor de la variable cuando tiene una medición continua o casi continua (por ejemplo, para las TIA, valor inmediatamente anterior al primer día del mes) o la suma de los valores a mes finalizado (por ejemplo, número de vehículos detectados). La gráfica muestra en abscisas el mes, y en ordenadas la magnitud de cada parámetro, recalculando, para mayor claridad de lectura, los valores considerando el mínimo y máximo durante el periodo en enero de 2019 (referencia del año previo al inicio de la crisis) y noviembre de 2021. Sobre dicha gráfica se han representado, además, el porcentaje de población con la primera dosis de la vacuna administrada, y los periodos de confinamiento por el Estado de Alarma y de confinamiento parcial por Zonas Básicas de Salud decretados por la Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid.

A escala de distritos se han analizado los siguientes aspectos:

1. Evolución de parámetros respecto de la TIA total de COVID-19, cifra que sólo puede incrementarse o estabilizarse, pero no retroceder, y que progresa de forma diferente en cada Distrito; la tasa de incidencia acumulada en Puente de Vallecas, valor máximo en noviembre de 2021, ha sido un 35% mayor que en Hortaleza, mínimo. Esta forma de expresar los resultados tiene en cuenta su potencial carácter de variable explicativa de las dinámicas urbanas. Las gráficas muestran en abscisas la TIA, y en ordenadas la magnitud del parámetro, considerando el valor en enero de 2019 del parámetro correspondiente como 100%; en el caso de la tasa de paro, se ha utilizado directamente dicho valor. Las gráficas se han trazado considerando el valor más alto de TIA total de cada mes. Al trabajar con un conjunto de 21 Distritos, a los efectos de facilitar la comprensión de los gráficos, se han representado el conjunto de los 21 con líneas grises, resaltándose en color en un primer gráfico las curvas de los 5 distritos en los que es más elevado el valor analizado, que corresponderían aproximadamente al cuartil superior, y en un segundo gráfico los 5 distritos donde es menor el valor.
2. Evolución mensual de la TIA a 14 días de COVID-19. En este caso, se reflejan meses en abscisas y TIA a 14 días en ordenadas, la geometría de las curvas de cada Distrito es la misma para todas las temáticas, y se utiliza el mismo criterio de grafismo que en los gráficos del segundo grupo, basados en la TIA total. Lo que varía es la posición

relativa de cada distrito, pues, por ejemplo, Carabanchel presenta la mayor densidad edificada sobre huella ponderada, pero es el 19º en m² construidos por vivienda. En este caso se incorpora también la evolución del porcentaje de población con la primera dosis de vacuna administrada.

3. Análisis de regresión, mes a mes, a través de los coeficientes R^2 y de Pearson, para las correlaciones entre tasas de incidencia, renta, densidad edificada y tamaño de viviendas. A nivel gráfico se plasma en las curvas de evolución (únicas para el conjunto del municipio y calculadas a partir de los valores de los 21 distritos), a lo largo de los meses en abscisas, del coeficiente R^2 en ordenadas.

3. Resultados

3.1. Evolución del conjunto del municipio

Las gráficas (FIG. 4) describen la evolución de los indicadores del conjunto del municipio de Madrid desde enero de 2019 hasta el fin del periodo analizado. Tras haber incrementado el municipio su población en algo más de 78 000 habitantes entre enero de 2019 y febrero de 2020, tras la finalización del confinamiento general comienza una pérdida de más de 48 000 habitantes empadronados para el conjunto del periodo analizado; es un ritmo de descenso de población comparable al de los años 2012 y 2013, también un periodo de crisis económica importante. Durante el confinamiento general del Estado de Alarma se inicia un año en el que el paro aumenta en más de 50 000 personas, y que en noviembre de 2021 aún estaba a más de 19 000 por encima del valor de marzo de 2020. Los patrones de movilidad se ven profundamente alterados, y mientras el noviembre de 2021 el número de vehículos en movimiento por las calles de Madrid había alcanzado el 96% de los registrados en noviembre de 2019, el número de personas entradas en una estación de metro era sólo del 76% respecto de la misma referencia; los efectos estacionales de reducción de la movilidad en verano y navidades se han visto amortiguados respecto a otros años. En cuanto a la tramitación de expedientes de licencias, el número total se recupera rápidamente, y por cambios legales las declaraciones responsables pasan de ser el 26% del total en enero de 2019 al 87% en noviembre de 2021.

En la primavera de 2021, cuando la población vacunada ya supera un tercio del total, se aprecia

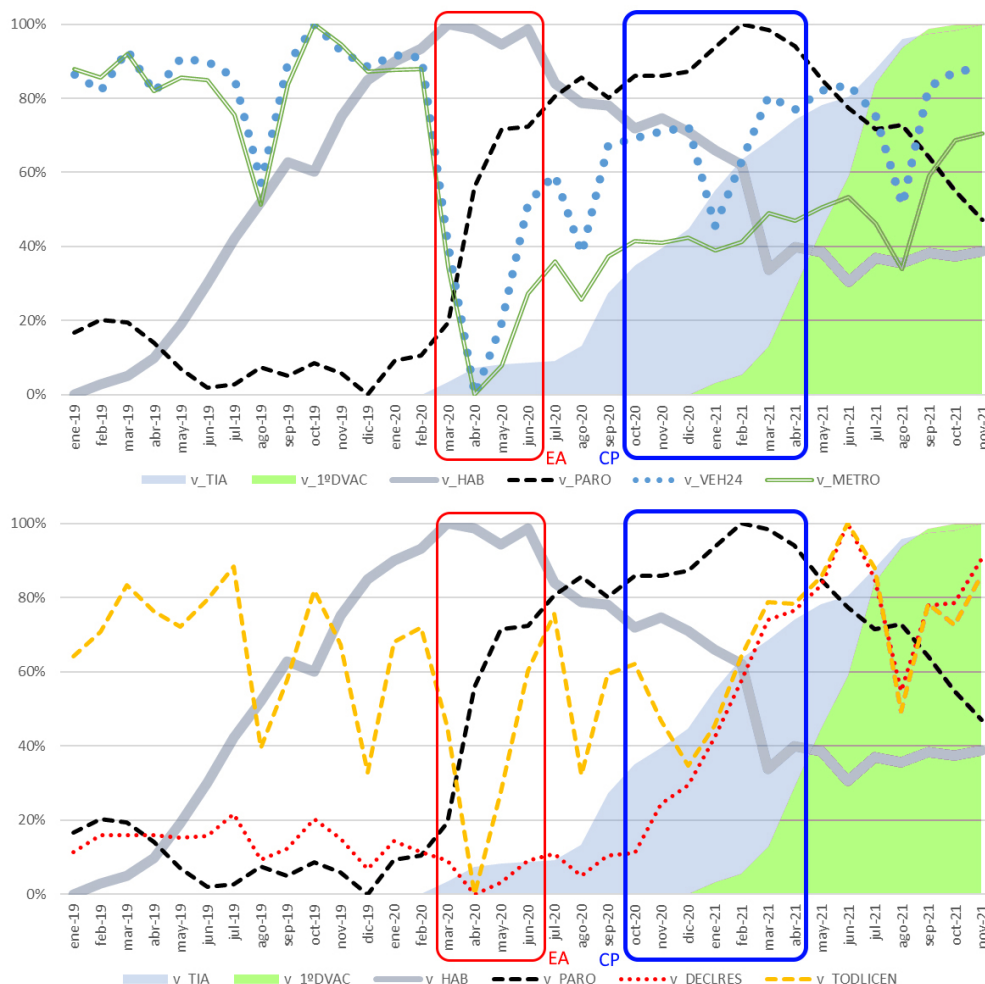


FIG. 4 / Evolución en el conjunto del municipio del nº de empadronados (v_{HAB}), nº de parados (v_{PARO}), nº de vehículos detectados (v_{VEH24}), nº de entradas en estaciones de metro (v_{METRO}), nº total de expedientes de licencias ($v_{TODOLICEN}$), nº de expedientes por declaración responsable ($v_{DECLRES}$), T.I.A. (v_{TIA}) y porcentaje de población con la primera dosis de la vacuna contra la COVID-19 administrada ($v_{1ºDVAC}$). EA: confinamiento general por el Estado de Alarma. CP: confinamientos parciales dictados por la Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid

Fuentes: Elaboración propia según datos del Portal de Datos Abiertos del Ayuntamiento de Madrid, Dirección General de Estadística del Ayuntamiento de Madrid, Consorcio de transportes de Madrid, Comunidad de Madrid, [Idealista.com](https://idealista.com)

que la pérdida de población empadronada se estabiliza y se consolida una tendencia a la reducción del desempleo. Esto coincide con el final de los periodos de confinamiento parcial, establecidos por las órdenes de la Consejería de Sanidad; no se ha contado con información suficiente para estudiar el efecto que pueden haber tenido estos sobre las dinámicas de los diferentes Distritos.

3.2. Densidad construida

Según datos catastrales, entre 2019 y 2021 la superficie construida en el municipio sólo creció un

1,5%, la de viviendas en un 1,4%, y el número de bienes inmuebles residenciales menos de un 1%. El Distrito con mayor crecimiento de la superficie construida total, Vicálvaro, sólo ha registrado un incremento del 1,52%. Por esta razón se han considerado los parámetros de densidad por Distrito constantes a lo largo del periodo analizado, pues estas variaciones son mínimas respecto de las del resto de variables analizadas. Los Distritos con mayor densidad de edificación son los de Centro y Chamberí, con formas urbanas densas históricas, y los de Carabanchel y Ciudad Lineal, en los que tipologías de bloque abierto, aún con la presencia de zonas de vivienda unifamiliar o

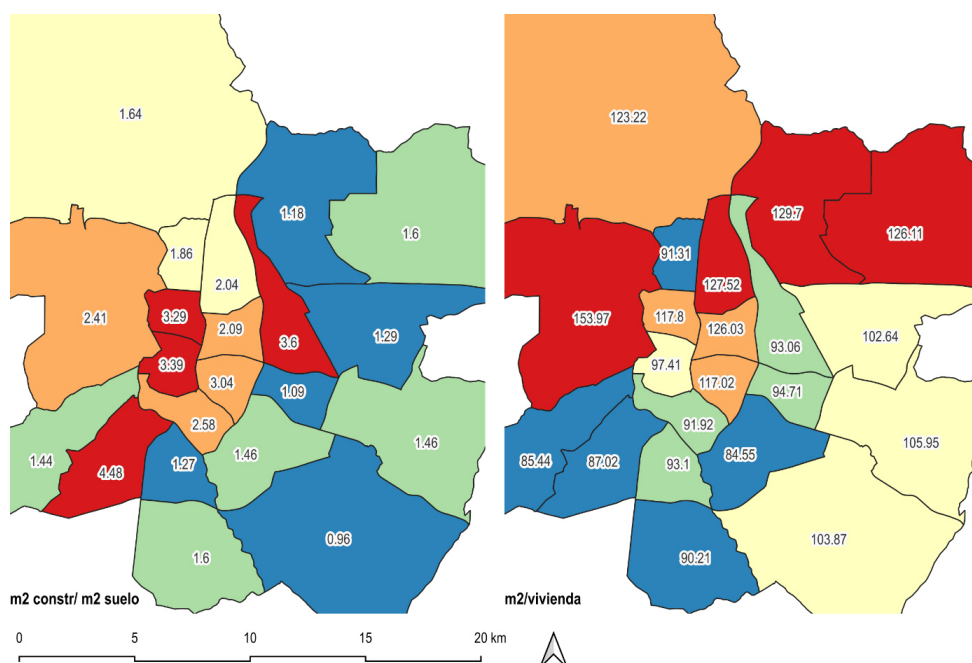


FIG. 5 / Valores de densidad urbana expresada en m² construidos por m² de suelo de huella edificada ponderada, y promedio de m² construidos por vivienda

Fuente: Elaboración propia según datos de la Dirección General del Catastro, Ministerio de Hacienda y Función Pública

grandes equipamientos, llevan a alcanzar estos valores (FIG. 5). Los Distritos con menores densidades son Villa de Vallecas y Moratalaz, con una importante presencia de edificación residencial en bloque abierto o manzana relativamente reciente. En términos de la superficie construida promedio por vivienda, los valores más reducidos se dan en Villa de Vallecas y Latina, Distritos del Sur de baja renta; el centro histórico está en posiciones intermedias, mientras que los Distritos del Norte, como Moncloa- Aravaca, Hortaleza o Chamartín, presentan los valores más elevados. La comparación de estos parámetros con los habitualmente publicados, sin ponderar la huella edificada, muestra grandes discordancia, especialmente en los que tienen una gran cantidad de su superficie en suelo no urbanizable como Fuencarral- El Pardo.

3.3. Dinámicas socioeconómicas

En contraste con 2019, año en el que todos los Distritos habían incrementado su población, entre febrero de 2020 y noviembre de 2021, la mayoría perdieron población; aunque en términos porcentuales dicho descenso no superó un 2,1% (Moratalaz), supone un cambio de tendencia (FIGS. 6 y 7). El único crecimiento notable fue el de Vicálvaro, al coincidir este periodo con

el de progresiva ocupación de las viviendas del Plan Parcial del sector UZP-2.01 El Cañaveral, un aumento de casi 4400 habitantes. Las gráficas no muestran que la TIA total de COVID-19 incida sobre este indicador.

En todos los Distritos el número de personas en paro (FIGS. 6 y 8), superó el doble del registrado en enero de 2019, alcanzándose valores máximos entre abril de 2020 y marzo de 2021. El Distrito Centro presentó el máximo (141% del valor de enero de 2019 en agosto de 2020), y ha presentado los valores más altos durante gran parte del periodo. Tomando como referencia los valores de renta por Distritos de 2019, cabe apreciar que la correlación entre la evolución del número de desempleados y la renta personal en 2019 ha sido moderada (el coeficiente R^2 ha oscilado entre 0,43 y 0,47 durante el periodo). La recuperación del empleo ha sido más lenta que su destrucción. Estos datos se han visto influidos por la dinámica a escala nacional y global de alteración de las cadenas de suministros y de prestación de servicios, cuyos efectos han ido más allá del periodo estudiado, como atestiguan los informes del Banco de España. En cuanto a incidencias específicas de la TIA total de COVID-19 por distrito, se aprecia que las curvas de crecimiento y descenso de la tasa no muestran correlación con la misma; su

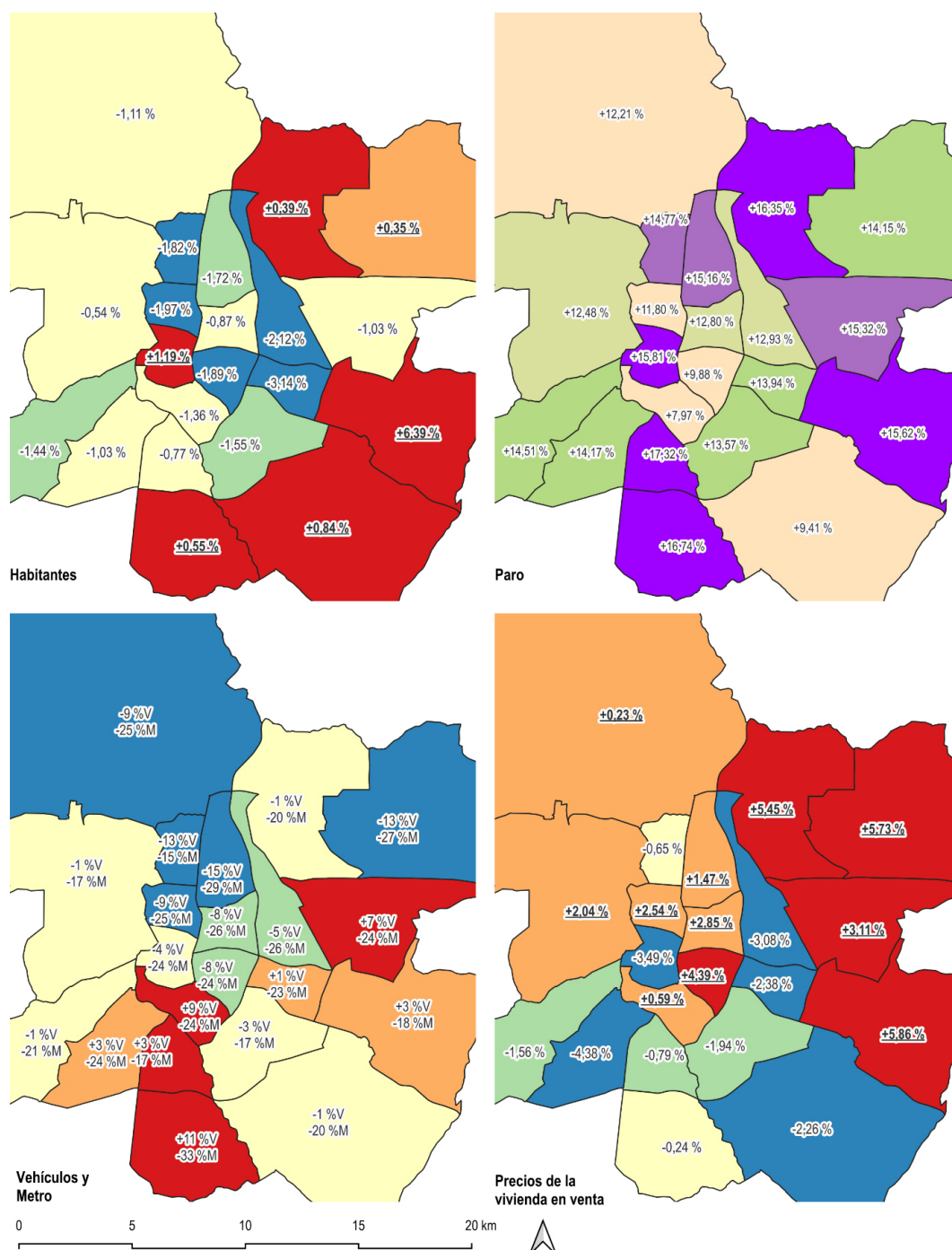


FIG. 6 / Evolución por Distritos entre noviembre de 2019 y noviembre de 2021 del nº de habitantes empadronados, nº de parados, nº de vehículos para el conjunto de horas (V), nº de entradas en estaciones de metro (M), y precio promedio en venta de la vivienda

Fuente: Elaboración propia según datos del Portal de Datos Abiertos del Ayuntamiento de Madrid, Dirección General de Estadística del Ayuntamiento de Madrid, Consorcio de transportes de Madrid, comunidad de Madrid, [Idealista.com](https://www.idealista.com)

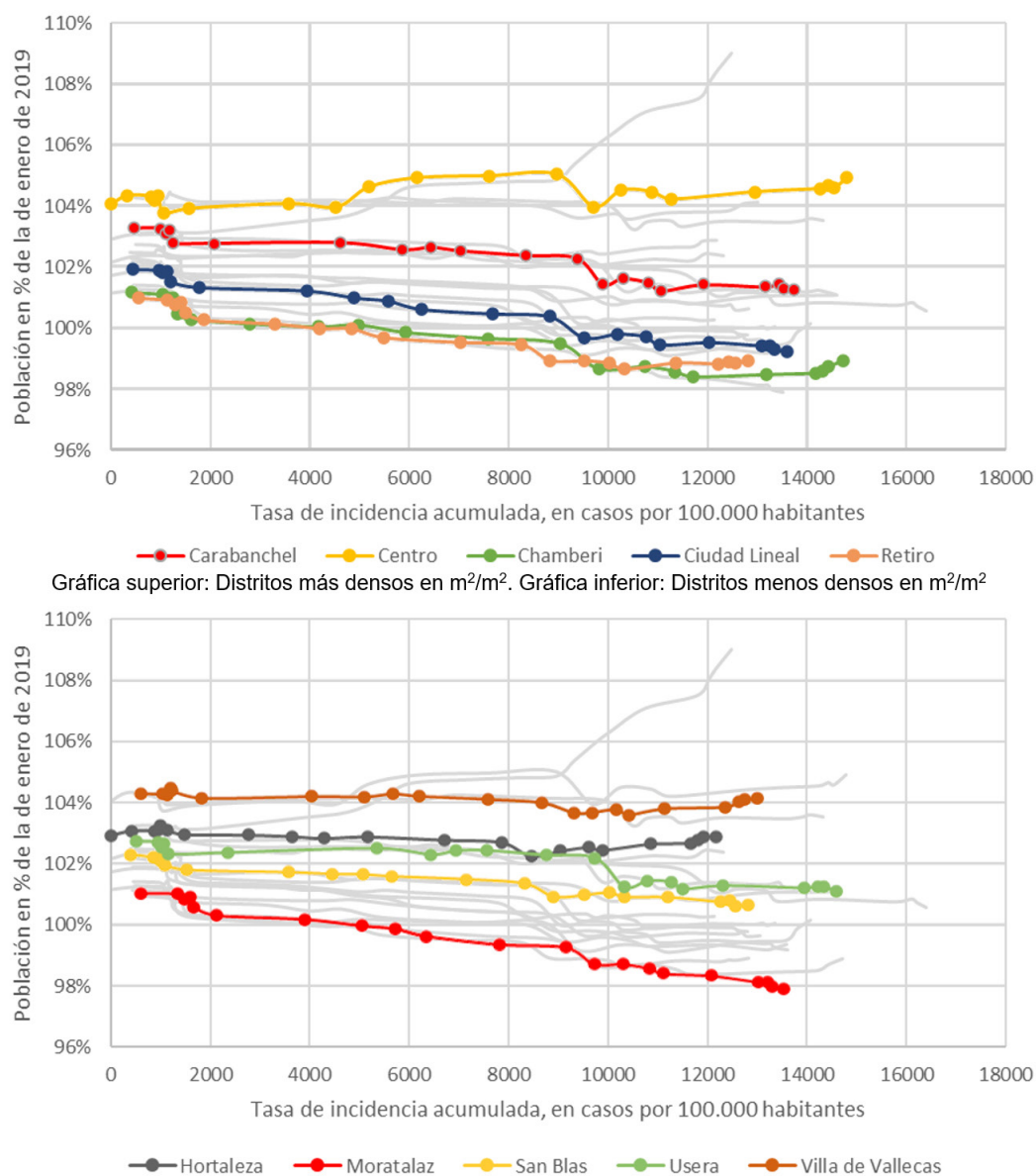


FIG. 7 / Evolución por Distritos de la población empadronada respecto de la Tasa de Incidencia Acumulada (TIA) total de COVID-19

Fuente: Elaboración propia según datos del Portal de Datos Abiertos del Ayuntamiento de Madrid, Dirección General de Estadística del Ayuntamiento de Madrid, Comunidad de Madrid

movimiento está más relacionado con las medidas administrativas y la actividad global en el municipio.

El precio de venta de la vivienda no ha mostrado patrones claros de evolución a lo largo del periodo analizado (Figs. 6 y 9). La mayoría de los Distritos han experimentado crecimientos de sus precios medios de venta similares a la evolución

de su población empadronada. Usera y Centro han experimentado una caída pronunciada al principio del proceso, mientras Fuencarral ha experimentado crecimientos importantes. En Retiro, Salamanca, Chamberí y Moncloa, tras una primera parte del periodo con una relativa moderación de precios, se ha iniciado un crecimiento de precios más agresivo. El caso de Barajas es singular por un aumento importante que

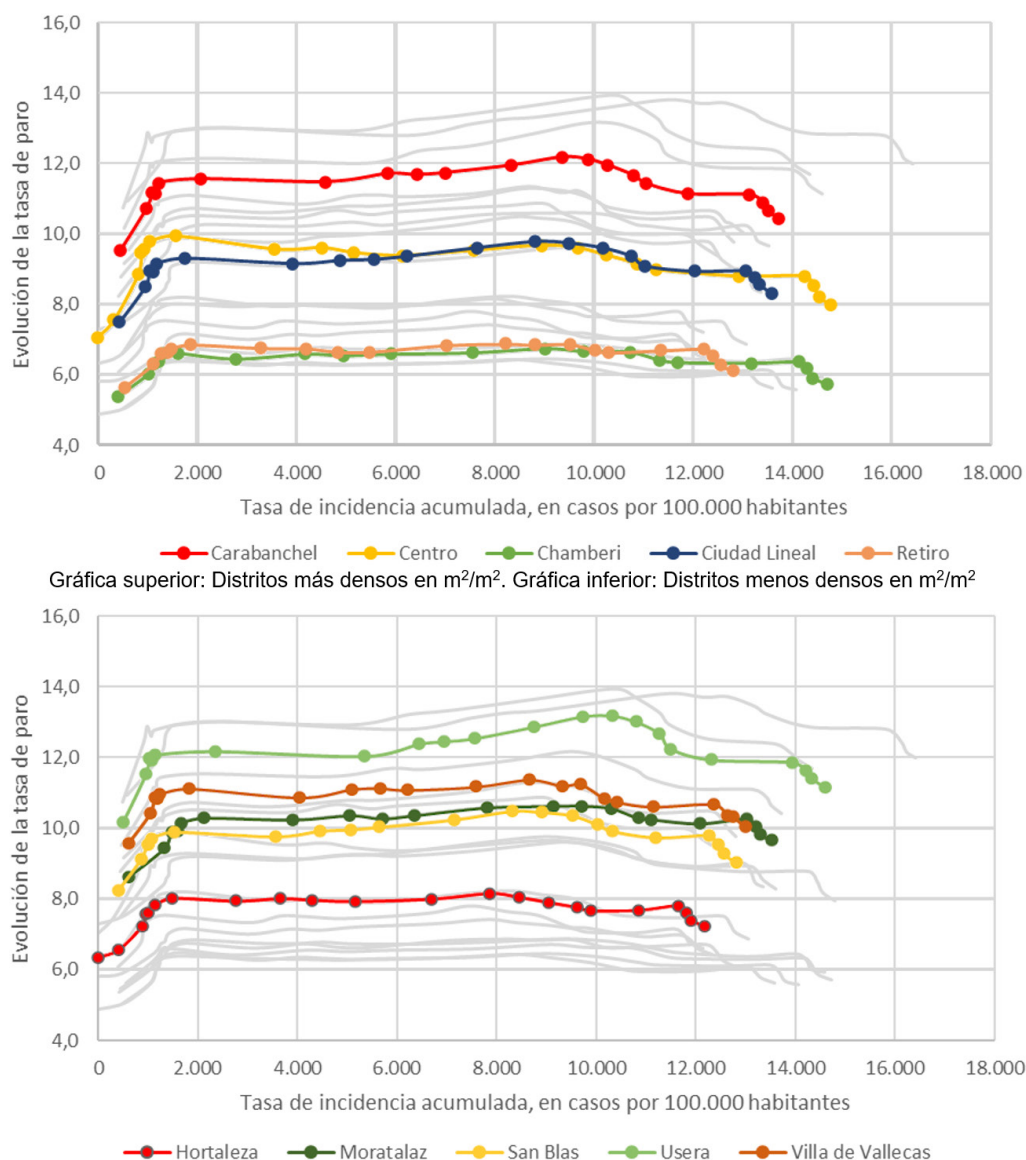


FIG. 8 / Evolución por Distritos de la tasa de paro respecto de la Tasa de Incidencia Acumulada (TIA) total de COVID-19

Fuente: Portal de Datos Abiertos del Ayuntamiento de Madrid, Comunidad de Madrid

a principios de 2022 parece corregirse, y en el de Vicálvaro el importante crecimiento de empadronados (13%) y precios (+25%) cabe asociarlo a la ocupación de El Cañaveral. No aparece un patrón claro de relación entre precio de la vivienda y densidad urbana calculada de acuerdo con el método utilizado. Si que se aprecia como rasgo común que los incrementos más fuertes de precio medio de vivienda se dan, en general, al final del periodo analizado.

La evolución de las aprobaciones de licencias, y de aquellas en la modalidad de declaración responsable (Fig. 10), muestra el impacto de la mencionada Ley 1/2020, de 8 de octubre, orientada al impulso y reactivación de la actividad urbanística. El número global de expedientes aprobados se redujo bruscamente en los meses del Estado de Alarma, pero en septiembre de 2020 ya había vuelto a valores usuales en la mayoría de los Distritos, con incrementos notables en Vicálvaro por las razones ya mencionadas, y, más moderados al final del periodo, en

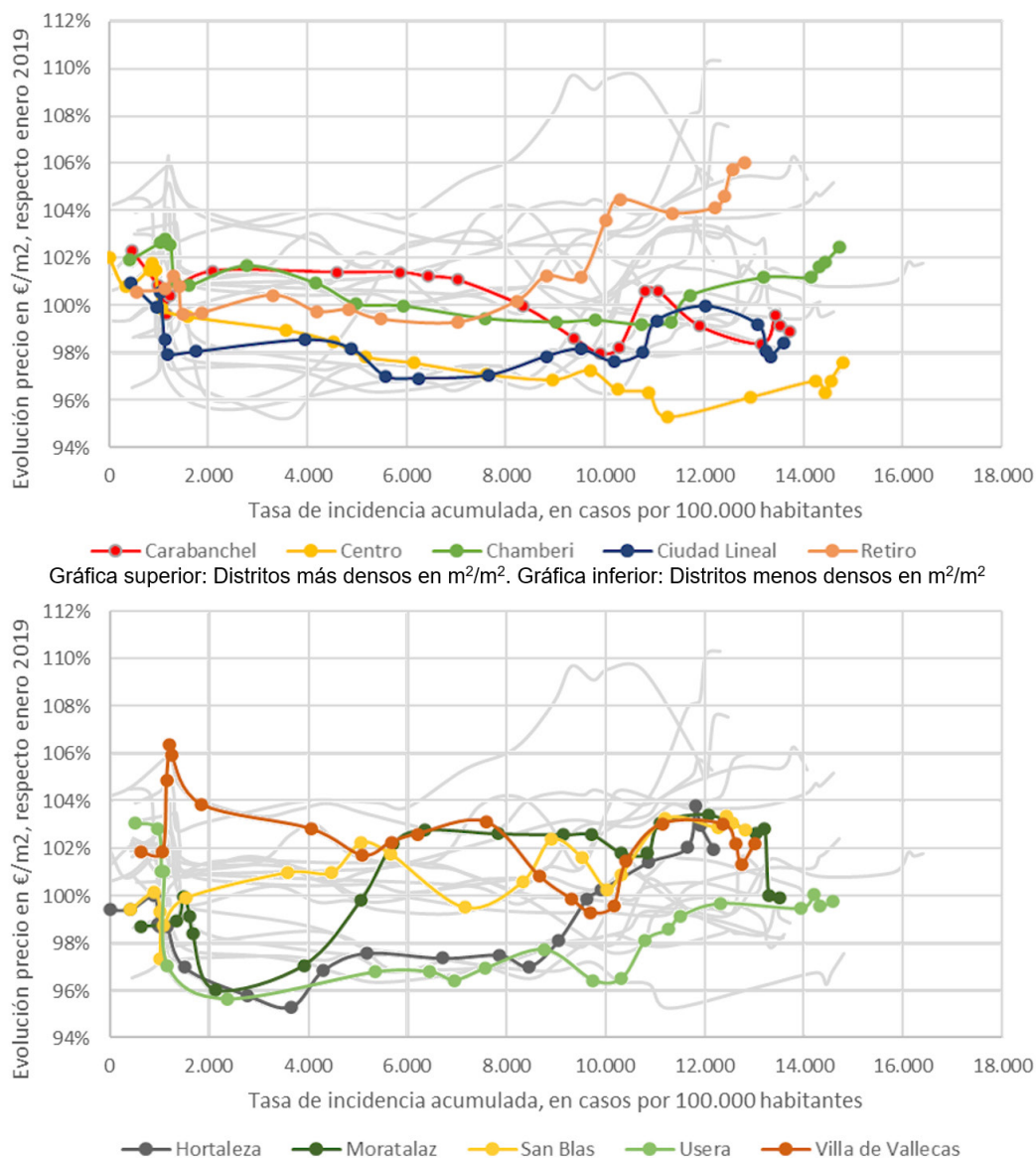


FIG. 9 / Evolución por Distritos de los precios de la vivienda en venta por m² respecto de la Tasa de Incidencia Acumulada (TIA) total de COVID-19

Fuente: Elaboración propia según datos del Portal de Datos Abiertos del Ayuntamiento de Madrid, [Idealista.com](https://datos.abiertos.madrid.es/), Comunidad de Madrid

Carabanchel, Hortaleza y Latina. Por su parte, en 13 de los 21 Distritos las declaraciones responsables se han quintuplicado al menos en alguno de los meses del periodo. No se aprecia una correlación clara entre esta evolución y los precios inmobiliarios, o el incremento de población; para detectarla serían precisos datos más desagregados sobre los expedientes y su ejecución. El incremento de las declaraciones responsables podría haber facilitado los trámites

sin aumentar la actividad total, siendo más un amortiguador que un dinamizador.

Utilizando como base los datos de renta de 2019 y de superficies construidas del mismo año, comparadas con la evolución de la TIA total de COVID-19 (valor más alto del mes) en casos por 100 000 habitantes, se obtiene la siguiente figura (FIG. 11), que muestra que las correlaciones más significativas se dieron tras el verano de 2020, con valores más elevados de

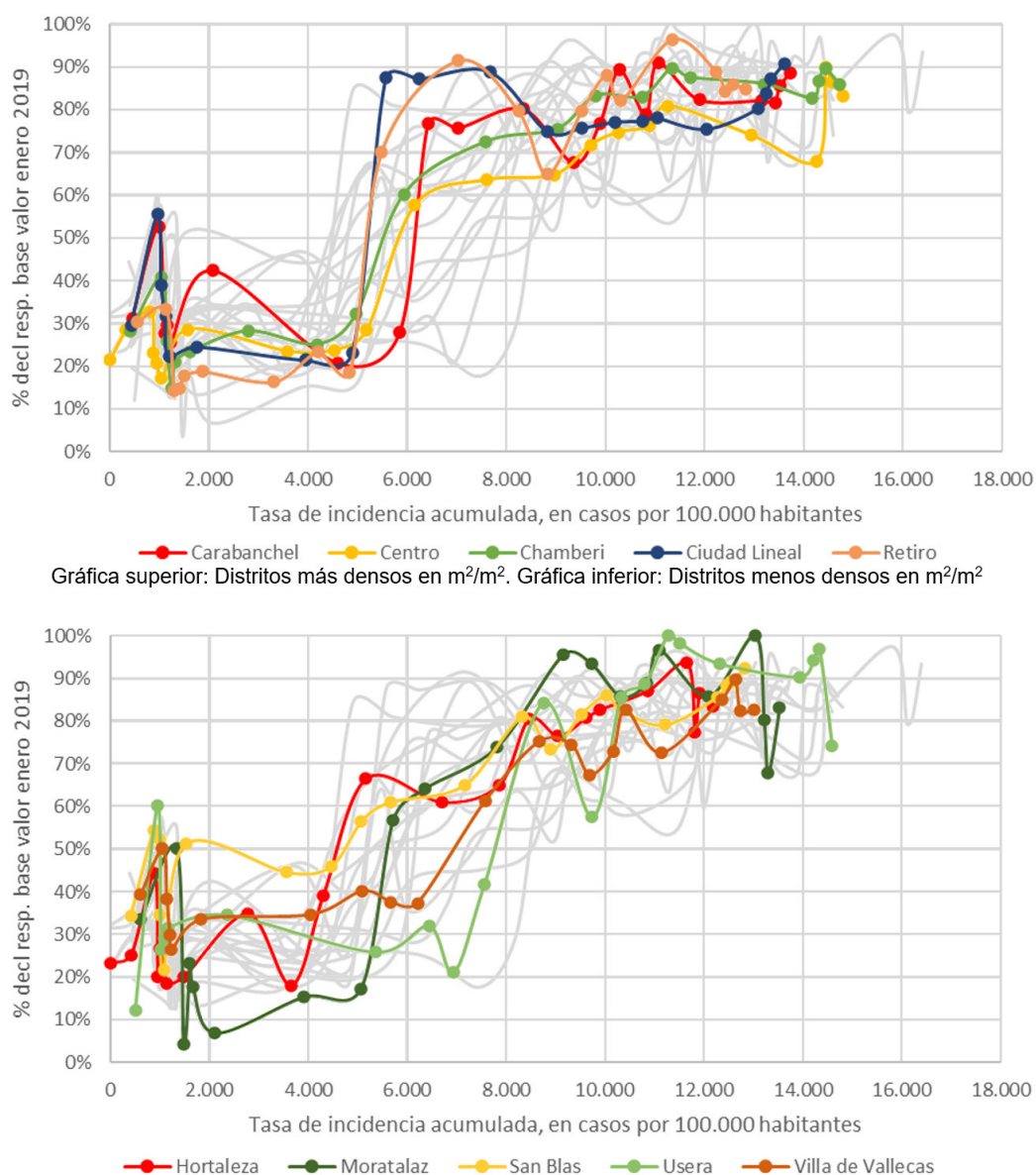


FIG. 10 / Evolución por Distritos del porcentaje de declaraciones responsables sobre el total de expedientes respecto de la Tasa de Incidencia Acumulada (TIA) total de COVID-19

Fuente: Elaboración propia según datos de [Idealista.com](https://idealista.com), Comunidad de Madrid

incidencia en los Distritos con mayor renta (coeficiente R^2 0,5985, septiembre) y con mayor número de m² de vivienda por habitante (coeficiente R^2 0,4632, octubre), dos parámetros claramente relacionados en Madrid. El coeficiente de Pearson entre TIA total de COVID-19 y renta en octubre de 2020 fue de -0,76, lo que implica que los Distritos de menor renta mostraban una clara tendencia a presentar tasas de incidencia más elevadas. La correlación entre densidad

total y tasa de incidencia total nunca alcanza niveles comparables. Dada la gran facilidad de desplazamiento entre las diferentes zonas de la ciudad esto hace pensar en que es más relevante el grado de ocupación (y en sus rangos más altos, de hacinamiento) de las viviendas que el de densidad edificada total.

Un análisis análogo tomando la TIA a 14 días da coeficientes R^2 muy bajos, como máximo de

0,16, que no indican correlación. No obstante, su análisis por otras vías tiene interés. Se presentan a continuación gráficas (FIG. 12) de relación entre los dos parámetros físicos analizados (densidad en m^2/m^2 y superficie promedio de la vivienda) y la evolución de la TIA a 14 días, incluyendo también la evolución de la vacunación. Se aprecia que durante la segunda y tercera olas (septiembre de 2020 y enero de 2021) el Distrito de Carabanchel presenta valores de incidencia acumulada elevados, pero que no son los más altos del municipio, mientras que Chamberí presenta valores entre los menores. A lo largo de las olas sucesivas tampoco existe una correlación clara entre densidad e incidencia, aunque durante 2021, con tasas crecientes de vacunación y con menores restricciones a la movilidad y la actividad, los Distritos de Centro y Chamberí, con importantes concentraciones de espacios de ocio y empleo, presentan las incidencias más elevadas, mientras que los Distritos con menos densidad van pasando a las posiciones inferiores. La influencia del parámetro de renta podría ser una explicación, aunque el Distrito de Retiro, también con elevada renta e importantes afluencias de visitantes al parque del mismo nombre, presenta un comportamiento más comedido pese a ser sistemáticamente uno de los de más alta renta. La gradual reapertura de las actividades de servicios y la relajación de los aforos es otra posible causa de que Centro y Chamberí, con elevada presencia de estas actividades y una posición central en el sistema de movilidad, presenten los valores que se reflejan.

El análisis de la relación entre superficie promedio de vivienda y TIA a 14 días (FIG. 13) muestra tendencias de un proceso en el que los barrios

con viviendas más grandes están en las primeras olas en posiciones relativamente bajas en cuanto a tasa de incidencia acumulada, pero luego, a medida que avanza el proceso de vacunación, van progresando en la posición relativa entre Distritos; aquellos con superficies promedio menores de vivienda y, por tanto, susceptibles de mayor intensidad de contacto entre sus miembros, presentan posiciones más elevadas al principio del periodo, mientras que con el avance del proceso de vacunación resultan quedan en posiciones más bajas. De nuevo, el factor de renta podría resultar explicativo, aunque los datos no resultan concluyentes.

3.4. Dinámicas de movilidad

En 20 de los distritos se ha tardado 3 meses en superar el 50% del número de automóviles en circulación en febrero de 2020; en Arganzuela se ha tardado 4 meses. Las entradas en estaciones de metro tardan en alcanzar ese mismo umbral de los 4 meses en Chamberí, Retiro y Vallecas hasta los 19 de Tetuán. El tráfico rodado se ha recuperado más rápido que el uso del transporte público, a lo que probablemente ha contribuido el miedo al contagio en espacios confinados y densamente ocupados. La presencia en Tetuán de una gran concentración de empleo terciario público y privado, susceptible de teletrabajo, contribuye probablemente a este resultado, pues la estación de Nuevos Ministerios no supera el 50% de entradas de febrero de 2020 hasta junio de 2021, y en el total del Distrito tarda en llegar a ese umbral hasta septiembre del siguiente año. Chamartín y Moncloa,

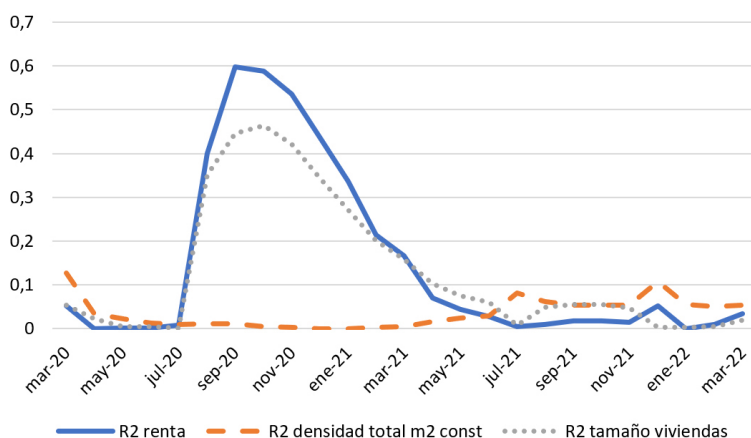
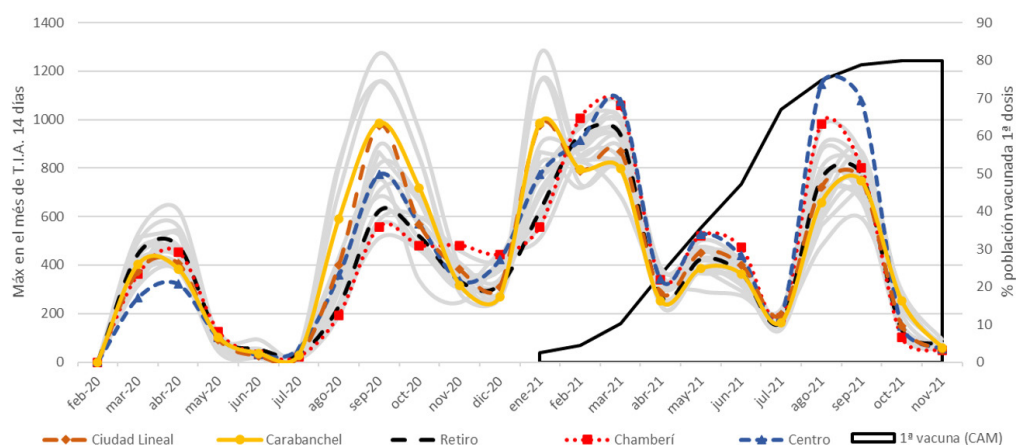


FIG. 11 / Evolución mensual de los coeficientes R^2 entre Tasa de Incidencia Acumulada COVID total y renta de los hogares, densidad total en m^2 construidos, y tamaño medio de las viviendas en m^2

Fuente: Portal de Datos Abiertos del Ayuntamiento de Madrid, Datos Abiertos sobre Coronavirus de la Comunidad de Madrid, y Dirección General del Catastro



Gráfica superior: Distritos con más m^2/m^2 . Gráfica inferior: Distritos con menores valores

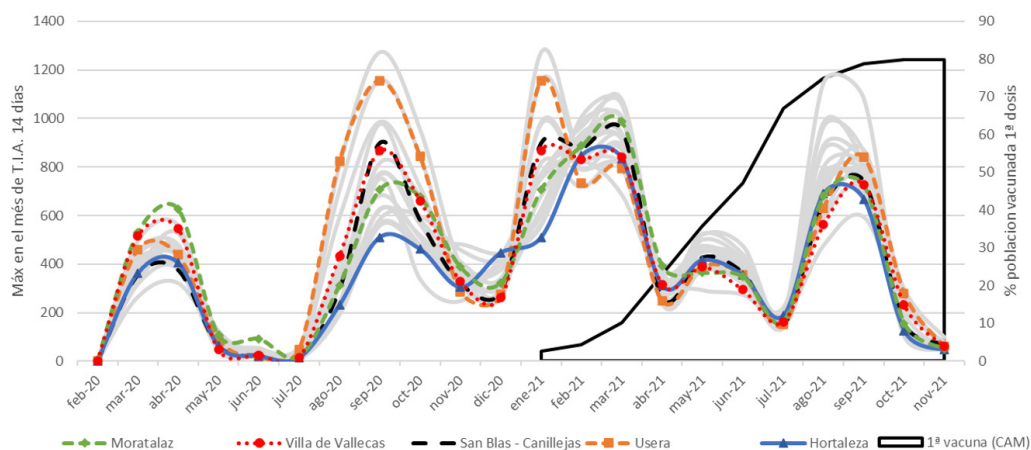
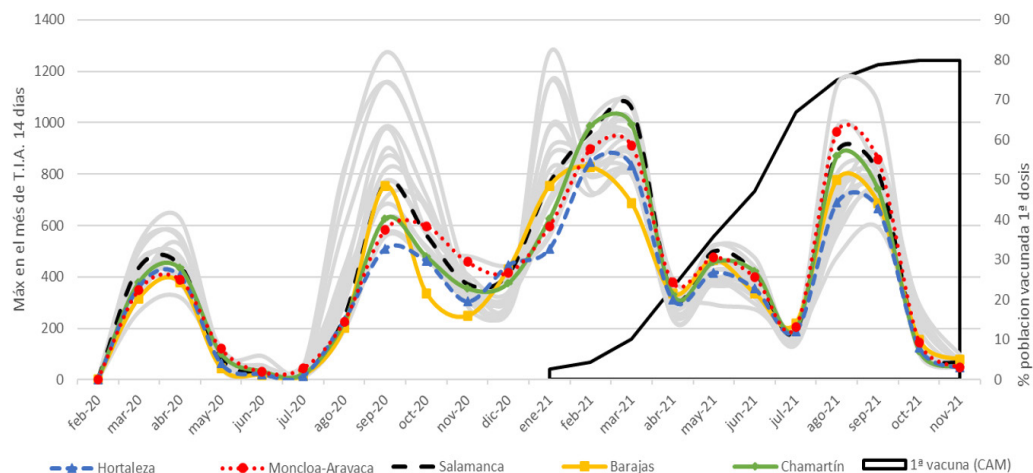


FIG. 12 / Relación entre la densidad construida en m^2/m^2 por Distritos y la Tasa de Incidencia Acumulada (TIA) a 14 días, considerando los cinco Distritos con mayor y con menor parámetro en gráficas separadas para mayor claridad, comparados con el conjunto de gráficas de evolución de los 21 Distritos

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Comunidad de Madrid, y Dirección General del Catastro

también con mucho empleo terciario, tardan 13 meses en alcanzar el 50% de las entradas en metro. Analizando estos indicadores respecto a la tasa de incidencia global (Fig. 14), el uso del

metro vuelve a recuperarse cuando se alcanzan ya valores altos de incidencia, pero con un impacto amortiguado por la vacunación.



Gráfica superior: Distritos con más m² construidos por vivienda. Gráfica inferior: Distritos con menores valores

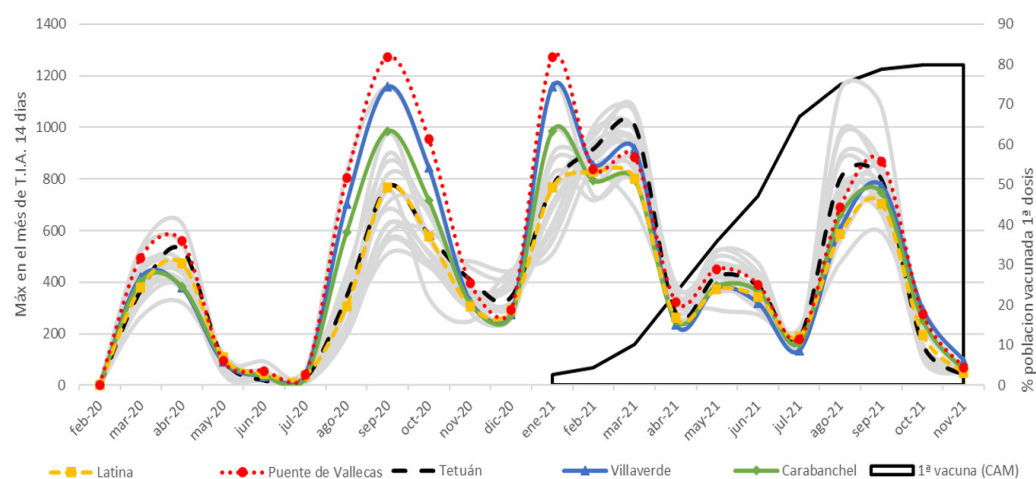


FIG. 13 / Relación entre el promedio de superficie construida en m² por vivienda, por Distritos, y la Tasa de Incidencia Acumulada (TIA) a 14 días, considerando los cinco Distritos con mayor y con menor parámetro en gráficas separadas para mayor claridad, comparados con el conjunto de gráficas de evolución de los 21 Distritos

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Comunidad de Madrid, y Catastro.

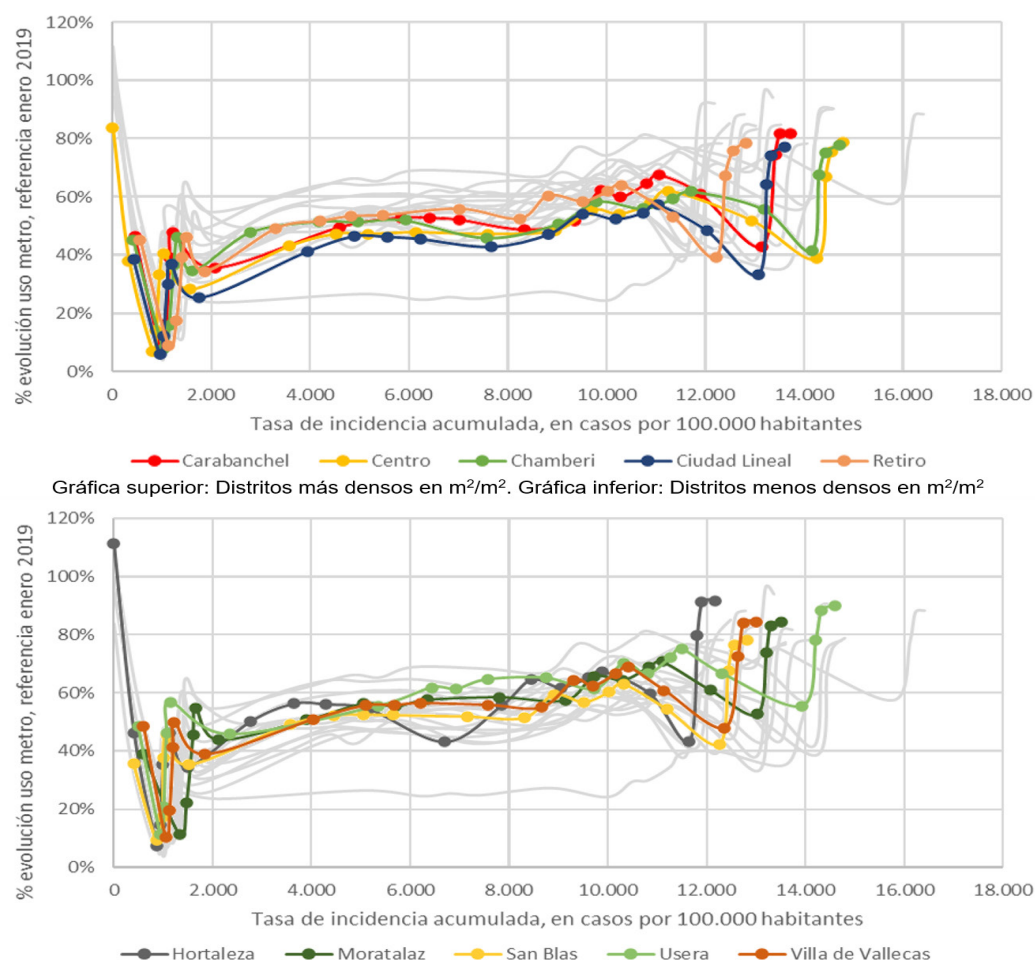


FIG. 14 / Evolución por Distritos del número de accesos a las estaciones de metro respecto de la Tasa de Incidencia Acumulada (TIA) total de COVID-19

Fuente: Elaboración propia según datos del Consorcio Regional de Transportes de Madrid, Comunidad de Madrid

4. Conclusiones

4.1. En relación con los objetivos del trabajo

Los datos analizados muestran que el periodo de estudio debe entenderse a través de la interacción entre la crisis sanitaria, sus efectos socioeconómicos, y las medidas administrativas aplicadas. Esta interacción aporta lecciones para la planificación urbanística. La hipótesis de que puede plantearse una correlación entre densidad urbana e incidencia epidémica no parece confirmarse, al menos a nivel de Distritos, aunque sí la de que hay una correlación entre reducida superficie de vivienda por persona y tasa de incidencia en el momento inicial de la pandemia; un análisis a escalas espaciales más finas, posible para parte de los indicadores con los datos abiertos disponibles, puede aportar mayor claridad. Por

otra parte, la relevancia del tamaño de la vivienda para la salud en el medio urbano aparece con claridad, como ya se planteaba hace un siglo en las reflexiones higienistas (CHICOTE, 1914), lo que justifica la existencia de los estándares de superficie mínima. Igualmente, se aprecia el potencial de evolución en los usos de los espacios construidos como resultado del teletrabajo, aunque esta modalidad no ha mantenido su vigencia en España con la misma intensidad que en otros países; por un lado, hay oficinas que podrían evolucionar hacia otros usos, y por otro, la necesidad de trabajar en el domicilio abunda en la relevancia del tamaño de la vivienda. El teletrabajo se ha configurado como un recurso para la gestión de eventos extraordinarios, como ha mostrado la cumbre de la OTAN celebrada en Madrid en junio de 2022, en la que se ha recomendado al personal del sector público institucional del Estado el teletrabajo en las zonas afectadas. Aunque aún no existen datos directos que permitan verificar la

relación entre teletrabajo y otros factores a escala inferior a la regional, la evolución de los datos sobre tráfico apunta a un cambio de tendencia en algunos Distritos que puede estar relacionado con la distribución del empleo de los residentes y de los empleados en el ámbito (ambos factores potencialmente influyentes). Por otra parte, los datos de los propios operadores inmobiliarios en materia de oficinas muestran que está habiendo una evolución cualitativa de este segmento del mercado, que hace que no haya habido un descenso de la cantidad de m² utilizados para este uso, pero sí cambios en las tipologías arquitectónicas y las formas de uso: faltan salas y sobran espacios (ERNST & YOUNG, 2022).

4.2. Sobre las hipótesis formuladas

Los datos abiertos aportan herramientas para interpretar las dinámicas urbanas y orientar las medidas de planeamiento urbanístico y territorial, al permitir recombinar desde niveles de agregación muy finos datos como los relativos a locales o a vehículos detectados. Los análisis que figuran en el presente artículo analizan conceptos clásicos como el de densidad por vías que permiten obtener conclusiones más ajustadas, de tal manera que la jerarquía de espacios más densos se matiza considerando los espacios con mayor intensidad potencial de uso, que son los próximos a las edificaciones, y a su vez formular conclusiones de carácter urbanístico.

Los datos abiertos empleados suponen una sustancial mejora de la información disponible respecto a los existentes hace apenas una década, especialmente en lo referente a formatos legibles por máquinas, es decir, de tratamiento automatizado. Aunque este criterio de legibilidad por máquinas puede evolucionar rápidamente en un momento en el que los sistemas de inteligencia artificial generativa muestran crecientes capacidades de interpretación de información no estructurada, eso sólo es posible ante marcos de semántica adecuados. Como indica la literatura especializada (GRIEVES 2019; LEI & JANSSEN & STOTER & BILJECKI 2023), los problemas técnicos de interoperabilidad por razones de semántica y formatos de datos son identificados por los especialistas como los más acuciantes para lograr gemelos digitales urbanos efectivos, más que la integración de sistemas o la falta de técnicos formados, y en mucho mayor medida que la complejidad y tamaño de los datos. Los problemas no técnicos se concentran en la definición del valor práctico en cuanto a modelo de negocio, financiación, propósito y expectativas.

En el caso de Madrid y bajo la óptica de los problemas técnicos, los datos sobre licencias dan cuenta del número de los mismos y su modalidad, pero no describen parámetros como el uso en detalle, de tal manera que es posible evaluar un flujo de información pero no su contenido sustantivo sobre el territorio. Semántica e interoperabilidad son retos claros, como muestra el ejemplo del catastro, que informa con mucho detalle sobre la configuración interior de los edificios con un modelo de datos común, pero sin una codificación estandarizada y con un carácter de palimpsesto:

los datos por locales muestra la pervivencia de registros vinculados a marcas comerciales de banca o distribución desaparecidas hace años. La aproximación al nivel de uso o vacantes de las viviendas de forma indirecta contando con datos del padrón de habitantes, es una aproximación que a lo sumo puede ser probabilística, especialmente en zonas de baja densidad. Son necesarios marcos estables y acordados entre los diferentes publicadores y usuarios de los datos para avanzar en este sentido. Con el estado actual de la información analizada parece complejo alcanzar una capacidad predictiva significativa, salvo quizás en aspectos muy sectoriales, especialmente teniendo en cuenta factores como el aparente cambio de patrones de movilidad.

En cuanto a los problemas no técnicos de definición del valor práctico del gemelo digital, la web municipal del gemelo digital urbano de Madrid, en su versión actualmente abierta al público, permite consultas vinculadas a la modelización de los volúmenes tridimensionales de los edificios, pero no permite realizar consultas complejas sobre las características de los objetos urbanos o sus interacciones. La prensa (EUROPA PRESS, 2023) ha publicado en mayo de 2023 la propuesta de uno de los candidatos a la Alcaldía de Madrid de crear un gemelo digital urbano para la previsión del impacto de posibles obras, y por su descripción se utilizaría para evaluar el impacto de nuevas obras. Esto supone una introducción del concepto en el debate público a partir de una visión de nuevas actuaciones, estando pendiente de verificar hasta qué punto se consideran las problemáticas de funcionamiento de la ciudad construida preexistente y de su gestión en términos de eficiencia.

5. Discusión final

La mirada desde los datos abiertos sobre la emergencia sanitaria COVID-19 en Madrid muestra que la densidad urbana ha sido menos relevante que las variables socioeconómicas para la difusión de la enfermedad, así como una tendencia clara a una evolución de la movilidad como resultado de la introducción del teletrabajo. Generalizar este tipo de análisis requiere avances en semántica, interoperabilidad y capacidad de los datos para describir los fenómenos urbanos, y especialmente la situación efectiva de uso, tanto de los edificios como del espacio público. El actual conjunto de datos abiertos da prioridad a la actualización de la información sobre bienes construidos como edificios y redes viarias y de transporte mecanizado. Sin embargo, la información disponible sobre flujos peatonales es muy reducida, pese a que es un modo muy relevante, especialmente en las zonas centrales con mayor complejidad de usos. La creciente disponibilidad de datos basados en la explotación de la telefonía móvil y otras fuentes de alta frecuencia puede contribuir a resolver parte de estas carencias, así como el uso de encuestas como las relativas a calidad de vida y satisfacción con los servicios públicos. Todo ello ha de hacerse en el marco del respeto a la privacidad de los ciudadanos.

6. Bibliografía

- AGUILAR LUCATO, R. (2021): Análisis funcional y de correlaciones entre morfología y usos del suelo urbano en Madrid (España). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* (89). <https://doi.org/10.21138/bage.3031>
- AYUNTAMIENTO DE MADRID (2020): *Estudio del impacto de la situación de confinamiento en la población de la ciudad de Madrid tras la declaración del Estado de Alarma por la Pandemia COVID-19. Informe de principales resultados*. <https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/ServSocialesYAtencionDependencia/InnovaEstratSocial/Publicaciones/Ficheros/ENCUESTACOV19InformeGeneral.pdf>
- (2022): *Carta de servicios- Información Estadística*. https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Calidad/CARTAS%20SERVICIOS/SistemaCartasServicio/21%20CS_InforEstadistica/Definitiva/CS_Informaci%C3%B3nEstad%C3%ADstica.pdf
- (2022): *Gemelo digital*. <https://gemelodigital.madrid.es/>
- (2022): *Portal de Datos Abiertos*. <https://datos.madrid.es/>
- BANCO DE ESPAÑA (2022): *Informe trimestral de la Economía Española, septiembre 2022*. <https://www.bde.es/wbe/es/publicaciones/analisis-economico-investigacion/informe-trimestral-economia-espanola/septiembre-2022.html>
- BARROS GUERTON, J. & EZQUIAGA DOMÍNGUEZ, J. M. (2020): *Los datos abiertos como herramienta de aproximación a los parámetros de la morfología urbana. Caso de estudio: densidades urbanas en la Comunidad de Madrid*. [Comunicación en congreso] III Congreso Internacional ISUF-H. CIUDAD COMPACTA VS. CIUDAD DIFUSA, Valencia. Editorial Universitat Politècnica de València. (20-05-2020): 129-138. <https://doi.org/10.4995/ISUFh2019.2019.9667>
- BUITRAGO RAMÍREZ, F. & CIURANA MISOL, R. & FERNÁNDEZ ALONSO, MC & TIZÓN, J. (2020): *Pandemia de la COVID-19 y salud mental: reflexiones iniciales desde la atención primaria de salud española. Atención Primaria*, 2020; 53(1). <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2020.06.006>
- CHICOTE Y DEL RIEGO, C. (1914): *La vivienda insalubre en Madrid*. Ayuntamiento de Madrid. http://www.memoriademadrid.es/download.php?nombre=ia_156bis.pdf&id=/doc_anexos/Workflow/0/24227/ia_156bis.pdf
- COMUNIDAD DE MADRID (2022): *Datos abiertos sobre la Tasa de Incidencia Acumulada COVID-19*. <https://datos.comunidad.madrid/catalogo/dataset?tags=COVID-19>
- CÓRDOBA-HERNÁNDEZ, R. & FERNÁNDEZ-RAMÍREZ, C. & HERNÁNDEZ-AJA, A. & SÁNCHEZ-TOSCANO SALGADO, G. & GÓMEZ-GIMÉNEZ, J. M. (2020): *Áreas Urbanas frente a Barrios: análisis de las características urbanas ante el reto de la ciudad post-COVID-19: el caso de Madrid. Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 52(205), 665–684. <https://doi.org/10.37230/CyTET.2020.205.13.2>
- CRUZ ROJA ESPAÑOLA (2022): *Boletín sobre vulnerabilidad social*. Número 23, diciembre 2021. <https://www2.cruzroja.es/documents/5640665/13549052/boletin+vulnerabilidad+n+23+-+el+impacto+de+la+covid+19.pdf/ab36b078-12ce-a276-7b3f-b97b3946ea08?t=1646904245874>
- DIRECCIÓN GENERAL DEL CATÁSTRO, MINISTERIO DE HACIENDA Y FUNCIÓN PÚBLICA. *Sede electrónica*. www.sede-catastro.gob.es
- ERNST & YOUNG (2022): *The Office Property Telescope 2022: “The Future of Work”*. Presentación de informe específico sobre el mercado inmobiliario de oficinas en España en julio de 2022. https://www.ey.com/es_es/webcasts/2022/07/the-office-property-telescope-the-future-of-work
- ESCUELA DE PERIODISMO UAM-EL PAÍS (2020): *El Éxodo al revés: de la ciudad al campo*. El País, 2 de agosto de 2020. <https://elpais.com/masterdeperiodismo/la-estela-de-la-pandemia/2020-08-02/el-exodo-al-reves-de-la-ciudad-al-campo.html>
- ESTEBAN Y PEÑA M.M. & FERNÁNDEZ VELASCO E. & JIMÉNEZ GARCÍA R. & HERNÁNDEZ BARRERA V. & FERNÁNDEZ DEL POZO I. (2020): *Salud e incidencia y diferencias en vulnerabilidad territorial de la ciudad de Madrid*. Revista Española de Salud Pública. 2020; 94: 7 de abril e202004020. https://www.sanidad.gob.es/biblioPublic/publicaciones/recursos_propios/resp/revista_cdrom/VOL94/ORIGINALES/RS94C_202004020.pdf
- & GUIL BERMEJO J. L. & FERNÁNDEZ VELASCO E. & FERNÁNDEZ VELASCO R. & JIMÉNEZ GARCÍA R. (2021): *COVID-19 en la ciudad de Madrid y vulnerabilidad. Análisis de las dos primeras olas*. Revista Española de Salud Pública. 2021; 95: 25 de octubre e202110119. https://www.sanidad.gob.es/biblioPublic/publicaciones/recursos_propios/resp/revista_cdrom/VOL95/ORIGINALES/RS95C_202110119.pdf
- EUROPA PRESS (2003): *Almeida pondrá en marcha un “gemelo digital” que permitirá realizar simulaciones antes de emprender nuevas obras*. 3 de mayo de 2023. <https://www.europapress.es/madrid/noticia-almeida-pondra-marcha-gemelo-digital-permitira-realizar-simulaciones-antes-emprender-nuevas-obras-20230503151826.html>
- GRACIA, A.I. (2020): *Ayuso: “El problema es la densidad de población, todos los vascos caben en el metro de Madrid”*. En *elespanol.com*, 11 de mayo, 2020. https://www.lespanol.com/madrid/comunidad/20200511/ayuso-problema-densidad-poblacion-vascos-metro-madrid/488951494_0.html
- GRIEVES, M. (2019): *Virtually Intelligent Product Systems: Digital and Physical Twins, in Complex Systems Engineering: Theory and Practice*, S. Flumerfelt, & al., Editors. 2019, American Institute of Aeronautics and Astronautics. p. 175-200. <https://event.asme.org/Events/media/library/resources/digital-twin/Digital-and-Physical-Twins.pdf>
- GUERTON, J.B. & EZQUIAGA DOMÍNGUEZ, J. M. (2022): *Urban digital twins, morphology and open data : an initial analysis in Madrid*. [Comunicación en congreso] Annual Conference Proceedings of the XXVIII International Seminar on Urban Form. University of Strathclyde Publishing, Glasgow, pp. 847-854. ISBN 9781914241161. https://strathprints.strath.ac.uk/80467/1/Guerton_Dominguez_ISUF_2021_Urban_digital_twins_morphology_and_open_data.pdf
- IDEALISTA.COM. *Informes de evolución del precio de la vivienda en venta en España*. <https://www.idealista.com/sala-de-prensa/informes-precio-vivienda/>
- INSTITUTO DE SALUD CARLOS III (2022): *Datos desde el inicio de la pandemia, para todas las edades, hasta el 28 de marzo de 2022*. <https://cnecovid.isciii.es/covid19/#documentaci%C3%B3n-y-datos>
- (2022): *Informe nº 161. Situación de COVID-19 en España*. Informe COVID-19. 30 de diciembre de 2022. <https://www.isciii.es/QueHacemos/Servicios/VigilanciaSaludPublicaRENAVE/EnfermedadesTransmisibles/Documents/INFORMES/Informes%20COVID-19/INFORMES%20COVID-19%202022/Informe%20n%C2%BA%20161%20Situaci%C3%B3n%20actual%20de%20COVID-19%20en%20>

[Espa% C3 % B1 a % 20 a % 20 30 % 20 de % 20 diciembre % 20 de % 20 20 22 .pdf](https://www.boe.es/boe/diario/ESPA%20C3%B1a%20a%2030%20de%20diciembre%20de%202022.pdf)

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL, IGN (2021): *La Pandemia COVID-19 en España. PRIMERA OLA: de los primeros casos a finales de junio de 2020*. Monografías del Atlas Nacional de España. <https://www.ign.es/web/resources/acercaDe/libDigPub/Monografia-Covid.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, INE (2022): *Atlas de distribución de renta de los hogares*. https://www.ine.es/experimental/atlas/experimental_atlas.htm

JACQUES AVIÑO, C. & RODRÍGUEZ GIRALT, I. & E RUIZ, M. & MEDINA-PERUCHA L. & ANIGSTEIN, M.S. & BERENGUERA, A. (2022): ¿Para cuando el diálogo interdisciplinar en la gestión de la pandemia de la COVID-19?. *Revista Española de Salud Pública*. 2022. 95:12 de julio e2022. https://www.sanidad.gob.es/biblio-Public/publicaciones/recursos_propios/resp/revista_cdrom/Suplementos/Perspectivas/perspectiva25_jacques_avino_et.al.pdf

LEI, B. & JANSSEN, P. & STOTER, J. & BILJECKI, F. (2023): Challenges of urban digital twins: A systematic review and a Delphi expert survey. *Automation in Construction*, volume 147, march 2023, 104716. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104716>

MARTÍN-CONSUEGRA, F. & DE FRUTOS, F. & HERNÁNDEZ-AJA, A. & OTEIZA, I. & ALONSO, C., & FRUTOS, B. (2021): Utilización de datos catastrales para la planificación de la rehabilitación energética a escala urbana: aplicación a un barrio ineficiente y vulnerable de Madrid. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 54(211), 115–136. <https://doi.org/10.37230/CyTet.2022.211.7>

MARIN-COTS, P. & PALOMARES-PASTOR, M. (2020): En un entorno de 15 minutos: hacia la Ciudad de Proximidad, y su relación con el Covid-19 y la Crisis Climática, el caso de Málaga. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 52(205), 685–700. <https://doi.org/10.37230/CyTet.2020.205.13.3>

MILOJEVIC-DUPONT, N. & WAGNER, F. & NACHTIGALL, F. & HU, J. & BRÜSER, G. B. & ZUMWALD, M. & BILJECKI, F. & HEEREN, N. & KAAK, L. H. & PICHLER, P.P. & CREUTZIG, F. (2023): EUBUCCO v0.1: *European building stock characteristics in a common and open database for 200+ million individual buildings*. *Sci Data* 10, 147 <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02040-2>

OBSERVATORIO NACIONAL DE TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD, ONTSI (2022): *Flash datos de teletrabajo*. Primer trimestre 2022. https://www.ontsi.es/sites/ontsi/files/2022-05/FlashDatosTeletrabajo_1T2022.pdf

RANDSTAT RESEARCH (2021): *Informe teletrabajo en España- 2021*. <https://www.randstadresearch.es.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2021/07/RANDSTAD-Informe-Research-Teletrabajo.pdf>

ROSENTHAL, B.M. (2020): *Density Is New York City's Big 'Enemy' in the Coronavirus Fight*. *New York Times* 23 de marzo de 2020. <https://www.nytimes.com/2020/03/23/nyregion/coronavirus-nyc-crowds-density.html>

VÁSQUEZ VERA, H. & BIAANI LEÓN- GÓMEZ, B. & BORRELL, C. & JACQUES AVIÑO, C. & LÓPEZ, M. J. & MEDINA-PERUCHA, L. & PASARIN, M. & SÁNCHEZ LEDESMA, E. & PÉREZ, K. (2021): Inequities in the distribution of COVID-19: an adaptation of WHO's conceptual framework. *Gaceta Sanitaria* 2021. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2021.10.004>

7. Referencias normativas

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO (2023): *COVID-19 Derecho Autonómico. Códigos electrónicos*.

Ley 1/2020, de 8 de octubre, por la que se modifica la Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo de la Comunidad de Madrid, para el impulso y

reactivación de la actividad urbanística. *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid*, número 251, 15 a 24.

Ley 37/2007, de 16 de noviembre, sobre reutilización de información del sector público. *Boletín Oficial del Estado* num 276, de 17 de noviembre de 2007, 47160 a 47165. <https://www.boe.es/eli/es/2007/11/16/37>

Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España. *Boletín Oficial del Estado* num 163, de 6 de julio de 2010, 59628 a 59652. <https://www.boe.es/eli/es/2010/07/05/14/con>

Real Decreto 1110/2020, de 15 de diciembre, por el que se aprueba el Plan Estadístico Nacional 2021-2024. *Boletín Oficial del Estado* num 340, de 30 de diciembre de 2020, 125482 a 125665. <https://www.boe.es/boe/dias/2020/12/30/pdfs/BOE-A-2020-17283.pdf>

Ley 10/2021, de 9 de julio, de trabajo a distancia. *Boletín Oficial del Estado* núm. 164, de 10 de julio de 2021, 82540 a 82583. <https://www.boe.es/eli/es/2021/07/09/10>

Real Decreto 97/2022, de 1 de febrero, por el que se aprueba el Programa anual 2022 del Plan Estadístico Nacional 2021-2024. *Boletín Oficial del Estado* número 49, de 26 de febrero de 2022, 22771 a 23070. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/02/01/97>

Directiva 2003/98/CE, de 17 de noviembre de 2003, del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la reutilización de la información del sector público. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX:32003L0098>

Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de marzo de 2007, por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (INSPIRE). <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:0014:es:PDF>

Reglamento (UE) 2021/690 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de abril de 2021, por el que se establece un programa para el mercado interior, la competitividad de las empresas, incluidas las pequeñas y medianas empresas, el ámbito de los vegetales, animales, alimentos y piensos, y las estadísticas europeas (Programa para el Mercado Único), y se derogan los Reglamentos (UE) n.º 99/2013, (UE) n.º 1287/2013, (UE) n.º 254/2014 y (UE) n.º 652/2014. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32021R0690&from=EN>

SECRETARÍA DE ESTADO DE FUNCIÓN PÚBLICA- MINISTERIO DE HACIENDA Y FUNCIÓN PÚBLICA (2022): *Recomendación de teletrabajo para el personal del sector público institucional del Estado en las zonas afectadas por la Cumbre de la OTAN en Madrid los días 28 y 30 de junio*. <https://sede.administracion.gob.es/pagSedeFront/servicios/peticionCSV.htm>, CSV: GEN-6eee-1bf9-51ba-3e06-f678-dc5d-ae75-4e60

8. Listado de Acrónimos/Siglas

IGN:	Instituto Geográfico Nacional
INE:	Instituto Nacional de Estadística
LISIGE:	Ley sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España
ONTSI:	Observatorio Nacional de Tecnología y Sociedad
SEPE:	Servicio Público de Empleo Estatal
SICTRAM:	Sistema Integral de Control de Tráfico de Madrid
TIA:	Tasa de Incidencia Acumulada