

# La malla estadística como unidad de análisis espacial. Razón de mortalidad, población y vivienda

**María Escudero-Tena.** Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, Sevilla, España.

**Serafín Ojeda-Casares.** Indexa Geodata, S. L., Sevilla, España.

**Luis-Ángel Moya.** Servicio de Salud Ambiental Junta de Andalucía, Sevilla, España.

**Iria Enrique-Regueira.** Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, Sevilla, España.

**RESUMEN** | La generación de unidades de observación de dimensiones reducidas y geometría regular tiene cada vez más peso en el análisis espacial. Siguiendo esta línea de trabajo, el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía elabora, desde hace diez años, información integrada en la malla estadística formada por celdas regulares de 250 x 250 metros según las directrices de Eurostat. En este artículo se muestran los resultados de la utilización de datos de distribución espacial de la población y de la vivienda. Se han realizado análisis de autocorrelación y de correlación espacial para conocer la relación que existe entre la Razón de Mortalidad Estandarizada Suavizada y determinados indicadores socioeconómicos y de algunas características de las viviendas. Se muestran los resultados y las ventajas de trabajar en un nivel de desagregación territorial de dimensiones reducidas y con una unidad de observación homogénea, para obtener así un conocimiento más exhaustivo del territorio.

**PALABRAS CLAVE** | distribución espacial, demografía, vivienda.

**ABSTRACT** | *The generation of observation units of reduced dimensions and regular geometry is becoming increasingly important in spatial analysis. Following this line of work, the Institute of Statistics and Cartography of Andalusia has, for the last decade, developed information integrated into the statistical grid formed by regular cells of 250 x 250 meters, according to Eurostat guidelines. This article shows the results of the use of spatial distribution data of population and housing. Autocorrelation and spatial correlation analyses have been conducted to find out the relationship between the Smoothed Standardized Mortality Ratio and certain socioeconomic indicators, as well as certain housing characteristics. The results, along with the advantages of working at a territorial disaggregation level of reduced dimensions and with a homogeneous observation unit, are showing order to obtain a more exhaustive knowledge of the territory.*

**KEYWORDS** | *spatial distribution, demography, housing.*

Recibido el 1 de marzo de 2023, aprobado el 12 de abril de 2023.

E-mails: maria.escudero.tena@juntadeandalucia.es | sojedacasares@indexageodata.com | langel.moya@juntadeandalucia.es | iria.enrique@juntadeandalucia.es

## Introducción

El análisis espacial, al igual que la cartografía, es una disciplina que se apoya en dos componentes esenciales para representar la información. El primero es el concepto de que todos los elementos tienen una localización en el espacio que no es arbitraria, y el segundo es que todos ellos poseen atributos de carácter temático que los definen y caracterizan. De este modo, y de forma general, es básico definir qué es lo que se desea analizar territorialmente y cuál es la unidad de observación que se va a emplear para tratar, calcular y representar la información. La elección de la escala de trabajo y de la unidad de observación puede modificar la percepción y el análisis del patrón espacial de la variable representada o del fenómeno analizado. Se trabaja en la integración de la información estadística y la de carácter espacial con el objeto de conseguir análisis socioeconómico más cualificados y facilitar el desarrollo de análisis multidimensionales que relacionen aspectos como, por ejemplo, la salud y la calidad de vida a través de su anclaje/ubicación en el territorio.

La vinculación de factores medioambientales, sociodemográficos y habitacionales con el bienestar y el estado de salud es una cuestión que se ha tratado desde distintos ámbitos. Desde el ámbito de la salud pública, la manera de explicar el proceso salud-enfermedad en las poblaciones humanas ha ido cambiando a lo largo del tiempo (Longhi, 2020). En la actualidad, se entiende que el entorno es uno de los principales factores que influyen en la salud. Los estados psicológicos, los hábitos de vida y tanto el ambiente físico como el construido son influenciados por los ambientes sociales, y viceversa (Berkman & Kawachi, 2000). Por otra parte, también parece que los comportamientos no se distribuyen habitualmente de manera aleatoria entre la población y en el espacio, sino que se encuentran influenciados socialmente y hasta se vinculan unos con otros. La concepción ecológica del proceso salud-enfermedad considera que las enfermedades son el resultado de la combinación de factores biológicos, sociales y ambientales; es decir, son el resultado de la interacción agente-huésped-ambiente (Arredondo, 1992).

La perspectiva actual para entender la salud pone el foco en las circunstancias en que las personas nacen, crecen, viven, trabajan y envejecen, de tal forma que los sistemas de asistencia sanitaria son solo uno de entre los diferentes determinantes de la salud. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha ido realizando a lo largo de los años estudios que explican la mayor parte de las inequidades sanitarias como resultado de la influencia de estos determinantes sociales de la salud.

Las circunstancias señaladas relativas al ciclo vida humana son el resultado de la distribución del dinero, el poder y los recursos a nivel mundial, nacional y local, que depende a su vez de las políticas sectoriales adoptadas (OMS, 2009). Por ello, se ha concluido que la mejor manera de crear salud es actuar sobre estas políticas no sanitarias, a través del enfoque de “Salud en Todas las Políticas” (Borrell & Malmusi, 2010). La mejor herramienta para llevar a la práctica esta iniciativa es mediante el uso de la Evaluación de Impacto en Salud, que permite anticipar los resultados en salud de actividades, planes, normativas y programas. Andalucía es pionera en la implantación de esta herramienta, habiendo institucionalizado su uso de forma sistemática en la evaluación de sus políticas (Vela-Ríos et al., 2016).

Paralelamente, tras una época en que el crecimiento económico olvidaba los límites ambientales, en la década de los noventa aumenta la concienciación en organismos, iniciativas gubernamentales y opinión pública en beneficio del medioambiente. De esta manera emerge el concepto de desarrollo sostenible como “aquel que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (tomado del Informe Brundlant, ONU, 1987). La búsqueda de un desarrollo territorial integrado debe ser capaz de hacer compatibles la competitividad, el bienestar social, la sostenibilidad ambiental y la reducción de los desequilibrios territoriales (Caravaca et al., 2005), añadiendo –al igual que lo hace Winchester (2006)– la dimensión espacial (desde la escala local a la global) a las dimensiones económica, social y ambiental.

La búsqueda del desarrollo sostenible ha tenido como hitos principales la Cumbre para la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992, seguida en el ámbito europeo en 1994 por la primera Conferencia Europea de Ciudades y Poblaciones, hasta la actual demanda de localización y aterrizaje en el territorio de la Agenda 2030 (Abidoye & Orlic, 2022).

Así, en las últimas décadas, los temas relacionados con el medioambiente en términos de sostenibilidad y el impacto en salud han suscitado gran interés y preocupación, y para su implementación es necesario disponer de datos cercanos y desagregados en el territorio para su análisis. En este sentido, el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA) trabaja desde hace tiempo con información demográfica y catastral georreferenciada, que permite análisis y estudios con gran detalle territorial. Esta información se integra en una malla regular, que es una capa vectorial formada por 1.416.159 celdas poligonales de 250 metros de lado como unidad de observación y de análisis.

Con esta información desagregada espacialmente y desde una perspectiva multifactorial de la salud y el bienestar se realizan tareas de análisis espacial, y en este artículo se muestran los resultados de la utilización de esos datos. El objetivo principal es mostrar las ventajas que reporta trabajar con una mayor desagregación espacial de la información y la utilización de unidades espaciales homogéneas en cuanto a forma y tamaño, que permite análisis más certeros y próximos a la realidad, ya que dichos rasgos no se ven condicionados por las características de las unidades de observación. De ello deriva un conocimiento más exhaustivo del territorio que permite estudiar de una forma más precisa los patrones espaciales de comportamiento de las variables analizadas.

En este caso, se ha realizado un estudio basado en el concepto de autocorrelación espacial, analizando la relación entre la Razón de Mortalidad Estandarizada Suavizada (RMES) y datos de carácter socioeconómico. El análisis de los patrones espaciales se ha realizado con datos elaborados y difundidos por el IECA: Estadísticas Longitudinales de Supervivencia y Longevidad en Andalucía, 2002-2016 (IECA, 2019), Distribución Espacial de la Población en Andalucía (IECA, 2021) y Caracterización y Distribución del Espacio Construido en Andalucía (IECA, 2022). Se han calculado el índice global de Moran y el índice local de Moran (LISA) utilizando el software R y los resultados han sido representados en mapas.

La RMES es un indicador que no se ve afectado por las distintas estructuras poblacionales, lo que permite comparar la mortalidad entre poblaciones con estructuras muy distintas. Esto le da el carácter de indicador indirecto de salud de la población de un área, y en este caso se ha contrastado con variables socioeconómicas como el desempleo, ingresos por pensión de jubilación, tamaño y antigüedad de las viviendas, como indicadores de condiciones de vida. Todos los datos se integran en la misma rejilla homogénea en cuanto a forma y tamaño, constituida por celdas de 250 metros de lado, lo que ha facilitado su incorporación en el modelo de autocorrelación. La disponibilidad de información variada para un mismo ámbito espacial posibilita construir un contexto de las condiciones de vida a partir de la información contenida en cada celda relativa a las variables utilizadas.

La información señalada permite contrastar ciertas relaciones o premisas sobre el comportamiento de la mortalidad y las condiciones de vida; entre ellas: ¿se localizan las celdas con RMES moderadamente baja o baja en zonas de contexto socioeconómico alto?, ¿son las áreas que cuentan con RMES alta o moderadamente alta aquellas que se corresponden con zonas de contexto socioeconómico más desfavorecido?

Un beneficio adicional de este estudio es que, de poder encontrarse estas relaciones, las áreas afines identificadas con características más desfavorables permitirían registrar de forma más precisa las áreas de especial vulnerabilidad social, cuyo análisis es imprescindible en la lucha contra las inequidades (Douglas & Scott-Samuel, 2001) y para lograr la sostenibilidad espacial antes mencionada.

### Antecedentes y justificación

Para entender con claridad la problemática de la unidad territorial, hay que analizar previamente la cuestión de la desagregación espacial de la información, una técnica que profundiza en los factores que influyen en los distintos fenómenos que pueden ocurrir en el territorio. Es un tema en el que se trabaja desde hace bastante tiempo y que presenta dificultades en cuanto a la referenciación espacial de la información. Actualmente se dispone de una cantidad muy amplia de información, pero existen problemas para disponer de ella, con su correspondiente geocodificación. Esta referenciación se realiza frecuentemente a partir de la correlación con las unidades administrativas, que es como en general se difunde y analiza la información de carácter socioeconómico. La división administrativa más desagregada ha sido habitualmente el municipio, y sigue siendo complicado encontrar información en un nivel de detalle más desagregado.

También es importante tener en cuenta que la elección de la escala de trabajo y de la unidad de observación puede modificar la percepción y el análisis del patrón espacial de la variable representada. Los efectos de escala y de zona son conocidos en el análisis espacial de datos como el Problema de Unidad de Área Modificable, *Modifiable Areal Unit Problem* (MAUP), que queda definido en términos de que la correlación entre dos fenómenos distribuidos en el espacio puede cambiar de forma dramática de acuerdo con el tamaño y la forma de las unidades espaciales sobre las que el fenómeno es medido (Goerlich & Cantarino, 2012). Es por ello importante

destacar cómo la mayor desagregación espacial del mismo dato permite analizar los patrones territoriales de una forma mucho más fiel y precisa.

En este proceso se parte del concepto de región, que no es una noción difícil de definir; al respecto, se puede considerar que una región homogénea es un conjunto de áreas espacialmente contiguas que muestran un alto grado de similitud con respecto a un conjunto de atributos. Una región es una categorización del espacio tal que las entidades que se encuentran dentro de ella se distinguen de alguna manera de otras entidades que se encuentran fuera de la misma. Normalmente, las entidades de una región comparten una o más propiedades y se delimitan mediante el establecimiento de fronteras físicas, proceso denominado regionalización. Sin embargo, aunque la definición de región es sencilla, el proceso de regionalización no lo es tanto, ya que debido a su naturaleza combinatoria, la regionalización es una técnica computacionalmente intensiva. Además, aunque las propiedades que definen las regiones suelen estar claras, estos criterios pueden ser difíciles de traducir a una forma operativa. Se han estado desarrollando modelos para resolver el problema de las regiones homogéneas básicas o las versiones ampliadas de este problema, pero es el espectacular aumento de la disponibilidad de datos espaciales muy desagregados y de recursos computacionales lo que brinda la oportunidad de explorar nuevas aplicaciones de los modelos de agregación espacial (Duque et al., 2012; Folch & Spielman, 2014).

Con esta visión de la situación, Eurostat promueve desde hace años la elaboración de una malla a nivel europeo con la finalidad de desagregar la población municipal. El segundo paso consiste en integrar, junto con la información demográfica, toda aquella información estadística de carácter socioeconómico y medioambiental en una unidad de observación y de análisis común (Goerlich & Cantarino, 2012). Esto permite un salto cualitativo en el conocimiento del territorio, ya que con ello se pueden conocer mejor las pautas de comportamiento de los fenómenos que tienen lugar dentro de él en un nivel de detalle amplio.

El Foro Europeo de Geografía y Estadística, *European Forum for Geography and Statistics* (EFGS), ha ido desarrollando con el apoyo de Eurostat los proyectos ESSnet Geostat 1A, 1B, 2 y 3. Los dos primeros tienen por objeto elaborar directrices metodológicas para trasladar los resultados del censo de población y viviendas de 2011 a una rejilla cartográfica armonizada y común de 1 km<sup>2</sup>, siguiendo los criterios establecidos en la Directiva INSPIRE (Enrique et al., 2013 y EFGS, 2013). Se entiende tal instrumento como un prototipo para organizar la información y desarrollar una metodología inicial. El documento de síntesis ofrece la guía metodológica para la generación de esta malla. Con el segundo de estos proyectos, el 1B, se trabaja en la representación de la información de los respectivos censos del año 2011. Se genera también un manual detallado para elaborar mallas con información estadística, usando técnicas de agregación y desagregación de los datos. Y, por último, los proyectos Geostat 2 y 3 tienen como finalidad principal el fomento de la integración de la información estadística y la de carácter espacial, con el objeto de conseguir análisis más cualificados de carácter socioeconómico y de carácter también ambiental (EFGS, 2012, 2013, 2017). En el marco del desarrollo de estos proyectos se implementa también una herramienta de generación de mallas, con

celdas de tamaños diverso, según las necesidades, y siguiendo las indicaciones de la Directiva INSPIRE.

La descrita no es, sin embargo, una iniciativa solo europea, o de la Unión Europea, sino que tiene un alcance mucho más global, en la cual Naciones Unidas también está implicada a través del *Global Geospatial Information Management* (UN-GGIM), oficina perteneciente al *United Nations Statistics Division* (UNSD). Esta unidad lleva tiempo trabajando en ello con importantes grupos de expertos, enfocada en la tarea de integrar la información estadística con la de carácter geoespacial, como modo de analizar con más precisión los fenómenos territoriales que pueden interesar a la población (Petri, 2014).

Los trabajos que se han ido realizando a lo largo de todo este proceso, fundamentalmente en distintos países de Europa, van en la línea inicial de profundizar en una metodología que permita implementar la referenciación de la población en un nivel de desagregación alto, como es el de la celda de un kilómetro de lado. Las técnicas son variadas en función de la organización de la información de base en cada uno de los países, así como de la toma de decisiones que al respecto realiza cada uno de los organismos responsables de la elaboración de la información. Se trabaja en el desarrollo de técnicas que permitan georreferenciar toda la población de una forma cada vez más fiel y precisa, y gran parte de las aportaciones que se han ido haciendo profundizan en estas técnicas.

El EFGS organiza conferencias anuales, y el análisis que fundamentalmente se hace en las ediciones iniciales plantea la forma de georreferenciar la información de la población, o bien aquellos métodos que pueden ayudar en la georreferenciación de la población que inicialmente presenta dificultades para ser referenciada. Así, hay estudios que detallan trabajos basados en tareas de acercamiento *top-down* (Bresters, 2014; Chiocchini et al., 2014; Duque, 2013; Freire & Halkia, 2014; Goerlich, 2013), donde normalmente se parte de información municipal o asociada a alguna división administrativa de carácter inframunicipal, como es el caso de las secciones censales. Haciendo confluir esta información con algún dato de uso del suelo, se estima la localización real de la población dentro del territorio. Otros trabajos presentan la posibilidad de realizar aproximaciones *bottom-up*, tomando la información de base en el nivel de desagregación más alto, como puede ser el del portal, y asignándolo a la celda que le corresponda a través de los correspondientes procesos de manejo de la información (Corcoran, 2017; Duque, 2015). También se utilizan técnicas de aproximaciones híbridas, donde se combina la aproximación *bottom-up* con otra de carácter *top-down*, normalmente para completar la asignación de población que no ha sido referenciada en el primer paso (Bueno et al., 2013; Enrique & Ojeda, 2013).

La información demográfica está actualmente muy consolidada en su referenciación espacial en niveles de desagregación altos, al menos en casos de celdas de un kilómetro. La tendencia que se sigue en la actualidad es utilizar esta información para integrarla con otra información de carácter estadístico. Tal es la finalidad fundamental y se ha ido avanzando en ello a lo largo del tiempo, pero no hay que olvidar que determinados datos presentan cierta dificultad para ser referenciados,

bien por la dificultad para gestionarlos, para acceder a ellos, o para conocer su localización.

En este sentido, es interesante prever que la potencia de los análisis que se pueden realizar con la integración de la información demográfica y la estadística llevará a la necesidad de que en un futuro no lejano toda la información quede referenciada. En ese sentido, este artículo muestra la utilidad de realizar análisis con una información referenciada espacialmente a nivel de detalle y de profundizar en las técnicas que permitan obtener los datos organizados de esta forma.

Este tipo de estudios tiene una larga tradición en el mundo de la salud (Gatrell et al., 1996) y en otros sectores de la actividad humana. Así, y hasta la fecha, algunos trabajos analizan la integración de datos sobre salud con información de carácter urbano (Trainor, 2017), como la relativa a empleo (Poelman, 2017), a infraestructuras (Santos, 2013) o a tráfico y movilidad (Piela, 2014). Se pueden destacar también otras experiencias en este ámbito, como la referenciación de la información extraída de la geolocalización de los teléfonos móviles y de la información emitida por estos, que permite monitorizar patrones de comportamiento espacial de la población y en relación con su movilidad cotidiana (Condeço-Melhorado et al., 2018; García et al., 2013; Kuzma & Nikić, 2015; Salas-Olmedo et al., 2015). Otras experiencias se refieren a la integración de la información demográfica y las actividades de economía productiva, como trabajo de investigación que permite mostrar las potencialidades de los sistema de información geográfica (SIG) dentro de estas actividades (Bao & She, 2014).

### **Objeto de estudio: patrones territoriales en Andalucía, salud y condiciones de vida**

Partiendo de lo señalado, se describen en este artículo algunas experiencias llevadas a cabo en Andalucía, analizando la correlación espacial y autocorrelación espacial de algunas de las variables difundidas por el IECA relativas a la distribución de la población, distribución del espacio construido y estadísticas longitudinales de supervivencia y longevidad. Se trabaja con información tomada de registros administrativos que permiten referenciar en el territorio ciertos fenómenos; en este caso, con información sociodemográfica y catastral, que aporta información novedosa en dos aspectos:

- La potencia de análisis de la información desagregada en celdas de dimensiones pequeñas y homogéneas en cuanto a forma y tamaño.
- Las correlaciones espaciales entre tasas de mortalidad e indicadores sociodemográficos o de condiciones de vida.

Son diversas las experiencias anteriores en las que se utilizan herramientas como el Índice de Moran y los Indicadores Locales de Asociación Espacial (LISA) para analizar el patrón territorial de algunas variables. Así, se ha estudiado la segregación de la población extranjera en el municipio de Sevilla (Díaz-Parra, 2010), el comportamiento electoral de la población rural en Ecuador (Hidalgo Bucheli, 2019) o el análisis espacial de la mortalidad por cáncer de pulmón en España y Andalucía

(Cayuela et al., 2020). Las unidades de observación utilizadas son unidades administrativas de mayor o menor desagregación espacial. Díaz utiliza la sección censal, Hidalgo las unidades electorales rurales y Cayuela y otros utilizan la provincia para la totalidad de España y el municipio para el mismo análisis en Andalucía. En todos los casos se presentan resultados interesantes, donde el análisis realizado muestra la importancia de este tipo de enfoques para abordar determinadas políticas relacionadas con la salud o la segregación social. En líneas generales, se detecta que la utilización de unidades espaciales de observación más reducidas aporta mayor capacidad para explicar los patrones territoriales, ya que son más homogéneas dentro de un territorio más complejo y heterogéneo. En algún caso, como en el análisis electoral en Ecuador, la experiencia llevada a cabo no permite mostrar resultados que confirmen la hipótesis de partida.

En Andalucía, el IECA trabaja desde 2013 en el desarrollo de proyectos de integración de la información estadística en una malla estadística regular formada por celdas de 250 metros de lado. El objetivo de estas actividades es representar información estadística de Andalucía en un nivel de desagregación territorial de dimensiones reducidas y con una unidad de observación homogénea. La malla regular utilizada se genera siguiendo las indicaciones derivadas de las experiencias llevadas a cabo por el proyecto Geostat del EFGS, y las actividades estadísticas que se gestionan son las que se detallan a continuación.

### **Distribución espacial de la población en Andalucía, 2013-2020**

El objetivo de esta actividad es representar la población de Andalucía en un nivel de desagregación territorial de dimensiones reducidas y con una unidad de observación homogénea. Se representa la población andaluza obtenida a partir de la explotación de la Base de Datos Longitudinal de la Población de Andalucía (BDLPA).<sup>1</sup> Se trabaja con información geocodificada en cada uno de los portales donde reside población en dicha comunidad, ya que estos cuentan con una coordenada x-y en un sistema de referencia estándar. La información geocodificada en puntos se agrega a la celda que le corresponde espacialmente. Con esto se consigue un doble objetivo: preservar el secreto estadístico y facilitar la representación cartográfica de la información, así como las posibilidades de análisis espacial de esta.

La geocodificación de la población residente en los portales se realiza asignando coordenadas geográficas a partir del enlace de BDLPA con el Callejero Digital de Andalucía Unificado (CDAU)<sup>2</sup> o el Censo de edificios 2011<sup>3</sup>. Se asigna una coordenada X e Y de la base alfanumérica de portales y viales de CDAU a las direcciones postales del fichero por geocodificar. Se genera una capa de puntos que representan los portales con el número de habitantes y sus características sociodemográficas asociadas. Esta información geocodificada se agrega a cada una de las celdas de 250 metros.

---

1 Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, “Estadísticas de población de Andalucía basadas en registros administrativos”. [www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/poblacion\\_registros/index.htm](http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/poblacion_registros/index.htm)

2 Callejero Digital de Andalucía Unificado. [www.callejerodeandalucia.es/portal/](http://www.callejerodeandalucia.es/portal/)

3 INE, Subdirección General de Estadísticas de la Población, Proyecto de los Censos Demográficos 2011, febrero 2011. [www.ine.es/censos2011/censos2011\\_proyecto.pdf](http://www.ine.es/censos2011/censos2011_proyecto.pdf)

Los datos que se representan en estos mapas ofrecen información sobre habitantes (población total, por sexo, nacionalidad o grupos de edad). Se ofrece también datos relativos a la Seguridad Social (afiliación total, por sexo o relación laboral), pensiones contributivas (perceptores de pensiones, por sexo, por tipo, así como ingresos por pensiones de jubilación, viudedad, incapacidad, u otro tipo de pensiones). Se incluye a su vez información sobre demandantes de empleo del Servicio Andaluz de Empleo (demandantes de empleo total, por sexo o paro registrado).

### **Estadísticas longitudinales de supervivencia y longevidad en Andalucía, 2002-2016**

Otra experiencia interesante en el contexto andaluz del uso de la malla, como estándar de análisis y de difusión de datos, es la desarrollada a partir de la explotación longitudinal de la BDLPA. La integración de la información estadística de los eventos con los distintos Censos de Población y la georreferenciación de la población permite desarrollar investigaciones longitudinales sobre distintos ámbitos según un amplio abanico de características personales, familiares, del entorno y con detalle territorial inframunicipal.

En esta línea de trabajo, es interesante destacar la publicación de Razón de Mortalidad Estandarizada (RME) para unidades de análisis determinadas, en celdas de 250 y 1000 metros de lado. La RME es un indicador que, al no verse afectado por la estructura poblacional, permite comparar la mortalidad entre poblaciones con estructuras muy distintas. Para calcular la RME se estima el número de casos (defunciones) que se producirían en una determinada zona, con estructura conocida, si esta estuviera sometida a las intensidades recogidas por las tasas tipo. Se obtiene así un resultado diferente que se denomina “casos esperados”. La razón entre los fallecidos realmente observados y los esperados es el indicador RME de un territorio o área. La reducción del ámbito territorial de análisis, que pasa de ser una sección censal (con poblaciones más o menos equilibradas) a una celda regular, conlleva que las observaciones en la unidad de interés pueden no ser suficientes para la estimación del indicador RME y su significatividad. Por esto se incluye una estimación de indicadores de mortalidad por área pequeña y se obtiene la Razón de Mortalidad Estandarizada Suavizada (RMES). El cálculo de la RMES se realiza con los tiempos de exposición a riesgo en el periodo 2002-2016. Se puede observar de esta manera el mayor o menor grado de mortalidad por celdas.

### **Distribución del espacio construido, 2020 y 2022**

El objetivo de esta actividad es aportar información sobre las características y la distribución del espacio construido en Andalucía. Se representa en un mapa la distribución de los edificios, viviendas y recintos no residenciales, buscando también una amplia desagregación territorial y homogeneidad espacial obtenida a partir de los datos ofrecidos por el Catastro Inmobiliario. Se indaga en la relación espacial con toda la información que se puede integrar en la misma malla estadística de la información demográfica.

El Catastro Inmobiliario es un registro administrativo en el que se describen los bienes inmuebles rústicos y urbanos. Es un producto muy consolidado, completo y exhaustivo, que permite extraer una información rica e ilustrativa de las

características urbanas del territorio desde diversos puntos de vista. Tal información es elaborada con una finalidad fiscal y sin vocación estadística, aunque su exhaustividad y precisión, tanto en su componente espacial como temática, la convierten en una fuente de datos estadísticos valiosa y con una potencialidad muy amplia (Real Decreto Legislativo [RDL] 1/2004, de 5 de marzo; Boletín Oficial del Estado [BOE] 58, 2004; Llausàs et al. 2019; Ojeda & Paneque, 2018; Pérez-Alcántara et al., 2016, 2017; Villarín-Clavería, 2015).

### **La celda como unidad de análisis**

Desde hace tiempo existe una discusión metodológica sobre cuál es la figura geométrica más apropiada para representar en celdas la información espacial y generar los conglomerados o regiones homogéneas que ayuden a analizar el territorio. Las más utilizadas son triángulos, cuadrados o hexágonos. Este último tiene un comportamiento muy interesante, ya que su relación perímetro-área es baja, cercana a la del círculo, pero con la posibilidad de teselarse. En este sentido funciona mejor que la celda cuadrada, pero esta tiene la ventaja de que puede cambiarse de forma más sencilla con rejillas de resolución diferentes. El IECA trabaja con una malla regular de celdas cuadradas de 250 metros, partiendo de las experiencias del proyecto Geostat del EFGS, que genera una malla formada por celdas de un kilómetro de lado, utilizando un mismo sistema de referencia espacial para la totalidad de Europa. Las celdas se codifican con un sistema estándar, siguiendo las indicaciones de la Directiva INSPIRE.

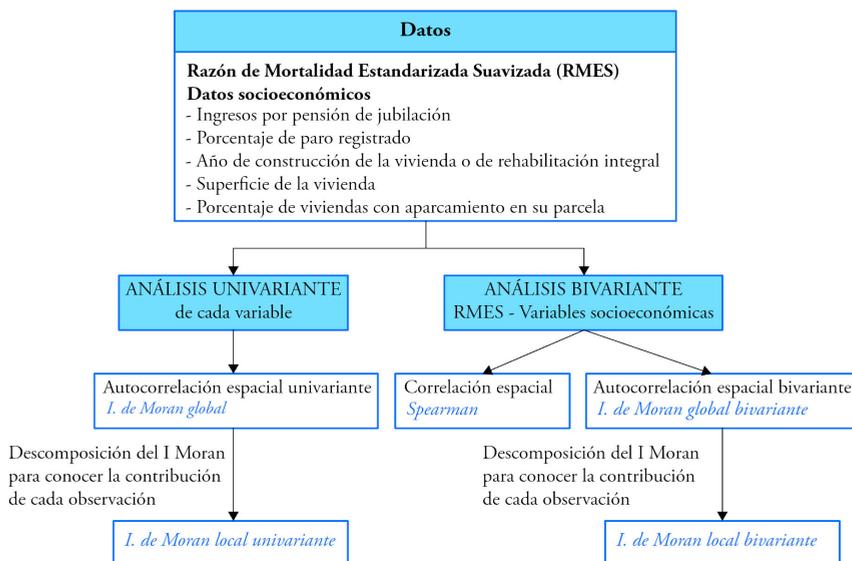
Los datos referenciados al nivel de desagregación de celdas de 250 metros permiten analizar los patrones espaciales que explican el comportamiento de la población en función de sus características socioeconómicas y de la ocupación que hacen del espacio. Este análisis se ve enriquecido de una forma muy interesante al incluir también los datos relativos a las estadísticas longitudinales de supervivencia y longevidad. En el caso de la razón de mortalidad estandarizada, se observan perfiles socioeconómicos que explican los resultados. Estos datos, combinados con otra información de carácter socioeconómico, revelan las relaciones existentes entre unos y otros. La utilización de unidades homogéneas permite realizar análisis más certeros y ajustados a la realidad, ya que ellos no se ven condicionados por las características de las unidades de observación. En líneas generales, se observa que las celdas con RMES moderadamente baja o baja se localizan en las zonas que se identifican como de nivel socioeconómico alto, mientras que las que cuentan con RMES alta o moderadamente alta se corresponden con zonas con nivel socioeconómico más desfavorecido. Este es el planteamiento fundamental del trabajo que se presenta en este artículo. Se quieren ver las relaciones que existen entre la RMES y determinadas características socioeconómicas, como el porcentaje de paro registrado o las cantidades percibidas por pensión de jubilación. En el análisis se puede incluir otra información, como es aquella que define las características del espacio construido, lo que permite conocer, por ejemplo, la tipología o las dimensiones medias de las viviendas en las que reside la población con mortalidad por encima o por debajo de la media.

Teniendo en cuenta los datos que se analizan en este artículo, así como su forma de agregación en celdas regulares, se abren posibilidades para analizar otras muchas variables relacionadas con la salud, el empleo y la calidad de vida en general dentro de los distintos clústeres que se puedan establecer en el territorio, así como los patrones espaciales que lo expliquen. Son conocidos en los últimos años los mapas que representan la distribución espacial de fallecimientos según causas, donde han podido destacar los originados por algún tipo de cáncer, presentando datos a nivel municipal, como se ha comentado anteriormente. Es difícil explicar a esas escalas todos los motivos que condicionan los patrones territoriales que se pueden observar, pero el salto a desagregaciones espaciales más detalladas, como la que se está analizando aquí, y la carga de contenidos temáticos relacionados, permiten acercarse a determinados patrones espaciales y sus relaciones con aspectos de carácter socioeconómico.

## Metodología

Se ha realizado un estudio basado en los conceptos de correlación y autocorrelación espacial, analizando la relación entre los patrones espaciales de valores relativos a la razón de mortalidad estandarizada suavizada (RMES), con otra información de carácter socioeconómico (características de la población y del espacio construido).

FIGURA 1 | Esquema del proceso metodológico



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La autocorrelación espacial puede ser entendida como el medio para comprender cómo se distribuye el fenómeno en el espacio analizado y en qué grado los elementos

locales pueden verse afectados por sus vecinos, mientras que las estadísticas de correlación espacial pretenden mostrar la relación existente entre dos o más variables que se desarrollan en el mismo lugar. Ambos tipos de análisis se realizan en un espacio geográfico delimitado concreto, denominado marco geográfico. Una explicación detallada de estos conceptos puede ser consultada en Siabato y Guzmán-Manrique (2019). En concreto, se ha puesto en relación la información de la RMES de cada celda con los datos relativos a la población demandante de empleo y los ingresos por pensión de jubilación, como datos significativos del perfil socioeconómico de los habitantes del mismo espacio geográfico. Se ha relacionado también dicha información con datos relativos a las viviendas, tamaño, antigüedad y viviendas con garaje, para entender las características del espacio en el que reside la población objeto del estudio (Figura 1).

A continuación, se describen las magnitudes empleadas en este trabajo para los análisis de correlación y autocorrelación espacial.

### **Coefficiente de correlación de Spearman**

El coeficiente de correlación de Spearman es una medida de la correlación entre dos variables medidas en el mismo territorio. Para obtenerlo se ordenan los datos y se reemplazan por su respectivo orden. Se define a partir de la siguiente expresión:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum D^2}{N(N^2 - 1)}$$

donde D es la diferencia entre los correspondientes estadísticos de orden de x - y. N es el número de parejas de datos.

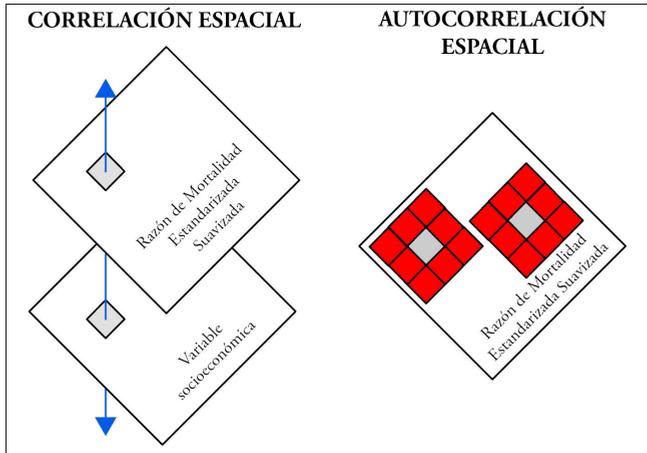
El coeficiente de Spearman es adecuado para medir la relación entre variables que no se distribuyen normalmente, como es el caso de las variables socioeconómicas que se han analizado.

### **Índice de Moran global**

El I de Moran es uno de los índices más conocidos y extendidos para la evaluación de la autocorrelación espacial. Su naturaleza global se deriva de comparar de forma directa los valores de cada unidad de análisis con la media global del fenómeno ( $\bar{x}$ ).

La diferencia fundamental entre los conceptos de autocorrelación espacial y correlación espacial es que la primera considera relaciones entre valores de la misma variable, pero en diferentes localizaciones (horizontal), mientras la correlación considera diferentes pares de variables en la misma localización (vertical) (Figura 2).

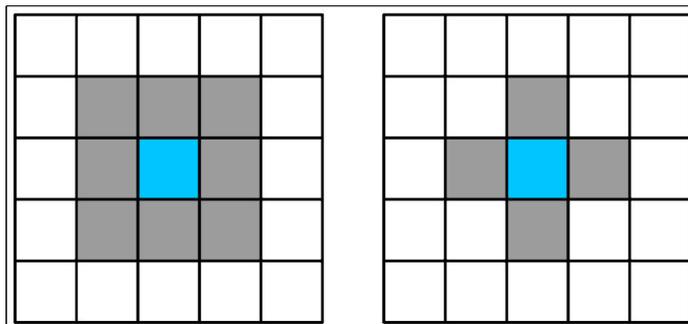
FIGURA 2 | Correlación y autocorrelación espacial



FUENTE: MODIFICADO DE SIABATO Y GUZMÁN-MANRIQUE (2019)

Para calcularlo se pueden utilizar varios criterios de vecindad, como, por ejemplo, el criterio de vecindad Reina o el de Torre de primer orden (Figura 3), siguiendo los movimientos de las piezas en el ajedrez. En este trabajo se ha utilizado el criterio de vecindad Reina. La vecindad tipo Reina o de Moore es menos restrictiva que la de Torre o de Von Neumann y posibilita el análisis espacial en ciertas zonas menos pobladas, ya que considera para el análisis un número mayor de observaciones. No obstante, para verificar las diferencias entre una vecindad y otra, se han realizado los cálculos cambiando el criterio de vecindad de Reina a Torre en un municipio concreto, no observando cambios significativos en la interpretación de los análisis.

FIGURA 3 | Criterio de vecindad Reina o queen de primer orden (i) y Criterio de vecindad Torre o rook de primer orden (d)



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

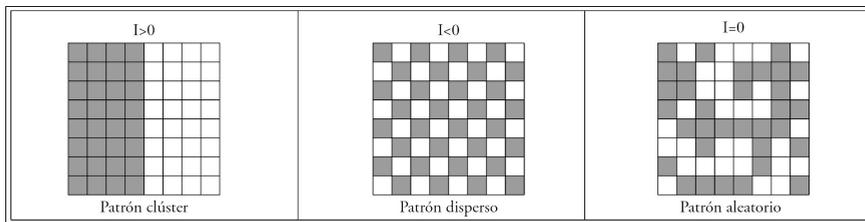
El I de Moran global se define a partir de la siguiente expresión:

$$I = \frac{N \sum \sum w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{W \sum (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde N es el número de unidades de análisis,  $w_{ij}$  el elemento ij de la matriz de contigüidad y  $W = \sum \sum w_{ij}$  corresponde al número total de vecindades.

El dominio del I de Moran es de  $[-1, +1]$ . Si el fenómeno analizado tiende a agruparse en zonas uniformes –es decir, si tiende a conformar conglomerados o clústeres–, entonces se evidencia la existencia de autocorrelación espacial positiva. Por el contrario, si las unidades colindantes son disímiles –es decir, si el fenómeno tiende a estar disperso–, entonces la autocorrelación espacial es negativa. Por último, cuando el fenómeno se comporta de forma aleatoria, se dice que no hay autocorrelación espacial (Figura 4).

**FIGURA 4 | Patrones espaciales y su relación con la autocorrelación espacial**



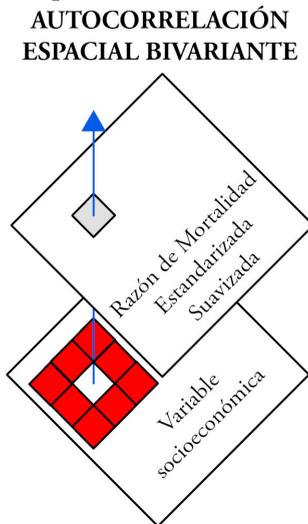
FUENTE: MODIFICADO DE SIABATO Y GUZMÁN-MANRIQUE (2019)

Para el cómputo del I de Moran global se ha utilizado la función *moran\_plot* de la librería *geostan* (Donegan & Morris, 2022). Esta función, además de proporcionar dicho coeficiente, realiza un diagrama de dispersión de los valores objeto de estudio frente a sus valores espacialmente rezagados. Se cumple que la pendiente (m) de la recta de regresión lineal simple ( $y=mx+b$ ) obtenida a partir de la nube de puntos anterior, se corresponde con el I de Moran.

### I de Moran global bivalente

El concepto bivalente del I de Moran resulta de considerar los vecinos de una variable complementaria. No se debe confundir este concepto con el de correlación espacial. Mientras que la correlación espacial vincula las dos variables en el mismo espacio geográfico, la autocorrelación bivalente relaciona las dos variables, pero estas no coinciden en el espacio (Figura 5).

FIGURA 5 | Autocorrelación espacial bivalente



FUENTE: MODIFICADO DE SIABATO Y GUZMÁN-MANRIQUE (2019)

De manera homóloga al I de Moran univariante, el I de Moran bivalente se define a partir de la siguiente expresión.

$$I = \frac{N}{W} \frac{\sum \sum w_{ij} (x_i - \bar{x})(y_j - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

Para el cómputo del I de Moran global bivalente, en este trabajo se ha utilizado la función `global_moran_bv` de la librería `sfdep` (Josiah Parry, 2022) de R. Esta función, además de calcular el I de Moran bivalente, proporciona un p-valor para contrastar la hipótesis nula ( $H_0$ ) de aleatoriedad espacial completa (I de Moran igual a cero). Si el p-valor es inferior a 0,05, entonces el fenómeno tiene una probabilidad superior al 95% de no haberse generado aleatoriamente.

### I de Moran local

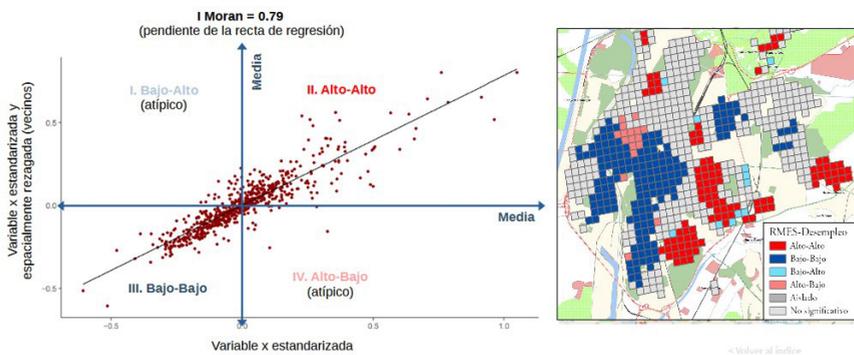
Según Anselin (1995), los resultados de un I de Moran se pueden desagregar y visualizar en un gráfico de dispersión (Figura 6). En el eje de abscisas se representa la variable objeto de estudio estandarizada y en el eje de ordenadas, sus valores estandarizados espacialmente rezagados (unidades vecinas estandarizadas). Este diagrama se divide en cuadrantes que son la base para el análisis de autocorrelación espacial local, permitiendo identificar la presencia de agrupaciones (*clustering*) o valores atípicos (*spatial outliers*) en el fenómeno geográfico analizado:

1. Bajo-Alto: Si el valor de la unidad central de estudio está por debajo de la media global, pero dicha unidad se encuentra rodeada de vecinos que están por encima de la media.
2. Alto-Alto: Si el valor de la variable objeto de estudio está por encima de la media global y el valor de las unidades vecinas también está por encima de la media.
3. Bajo-Bajo: Si el valor de la variable objeto de estudio está por debajo de la media global y el valor de las unidades vecinas también está por debajo de la media.
4. Alto-Bajo: Si el valor de la unidad central de estudio está por encima de la media global, pero dicha unidad se encuentra rodeada de vecinos que están por debajo de la media.

Para definir el grado de autocorrelación del fenómeno analizado, se deben implementar contrastes de hipótesis con el fin de validar si la distribución espacial del fenómeno se produce aleatoriamente o no. Solo de esta forma se puede identificar, con un nivel de confianza determinado, si hay presencia de agrupaciones o zonas geográficas atípicas.

Para este trabajo se ha utilizado la función *local moran* de la librería *rgeoda* (Li & Anselin, 2022) de R, que por defecto realiza contrastes de hipótesis con un nivel de confianza del 95%. Si la hipótesis nula ( $H_0$ ) de aleatoriedad espacial completa se rechaza, entonces el fenómeno tiene una probabilidad superior al 95% de no haberse generado aleatoriamente, por lo que se considerará que es agrupado o disperso y se clasificará en uno de los cuadrantes descritos anteriormente.

**FIGURA 6 | Representación de los cuadrantes de asociación espacial en el municipio de Sevilla**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Por último, hay que comentar que también es posible calcular la versión bivalente del I de Moran local, considerando los vecinos de una variable complementaria en el eje de ordenadas. En este trabajo se ha utilizado la función *local\_bimoran* de la librería *rgeoda* (Li & Anselin, 2022) de R para la realización de estos análisis.

## Resultados

Las correlaciones observadas entre RMES y variables socioeconómicas son significativas. Con un nivel de confianza del 95%, se rechaza la hipótesis nula de ausencia de correlación espacial entre RMES y las variables socioeconómicas analizadas. Se detecta que la correlación es más alta con variables relativas al porcentaje de paro registrado y nivel de ingresos por pensión de jubilación, pero la mortalidad también está correlacionada con las características de las viviendas. Otro aspecto que se debe destacar es que se observa que los municipios con más población registran correlaciones más altas (Tabla 1).

**TABLA 1 | Coeficiente de correlación de Spearman de RMES frente a variables socioeconómicas según el tamaño del municipio**

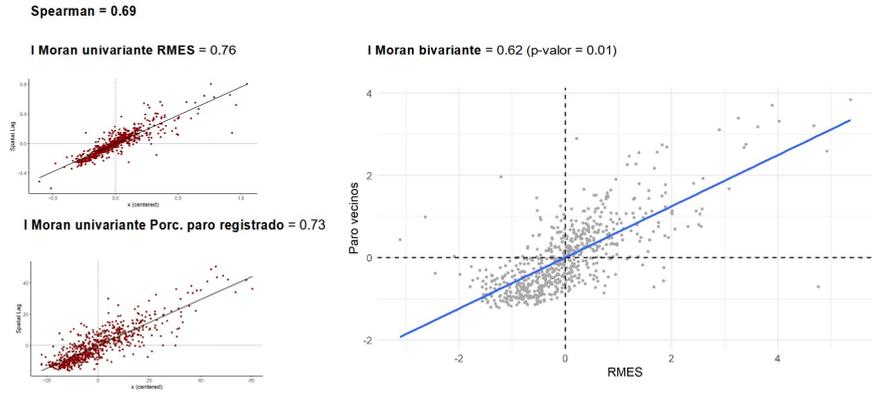
TAMAÑO DE LOS MUNICIPIOS	INGRESOS POR PENSIÓN DE JUBILACIÓN	PORCENTAJE DE PARO REGISTRADO	AÑO DE CONSTRUCCIÓN O REHABILITACIÓN DE LA VIVIENDA	SUPERFICIE DE LA VIVIENDA	PORCENTAJE DE VIVIENDAS CON APARCAMIENTO EN SU PARCELA
>= 500.000	-0,57	0,62	-0,20	-0,35	-0,27
100.000-500.000	-0,34	0,47	-0,16	-0,34	-0,18
10.000-100.000	-0,14	0,23	-0,08	-0,11	-0,07
< 10.000	0,06	0,17	-0,03	-0,11	0,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Por ejemplo, en el municipio de Sevilla, el coeficiente de correlación de Spearman entre RMES y el porcentaje de paro registrado es de 0,69. Tanto la Razón de Mortalidad Estandarizada Suavizada, como el porcentaje de paro registrado, presentan patrones tipo clúster a partir de los análisis de autocorrelación espacial realizados, registrando unos índices de Moran univariantes de 0,76 y 0,73, respectivamente.

En cuanto al análisis de autocorrelación espacial bivalente entre ambas variables, el I de Moran es de 0,62. Se observa que, en general, las celdas con alta mortalidad están rodeadas de celdas con paro alto, así como que las celdas con baja mortalidad están rodeadas de celdas con paro bajo (Figura 7).

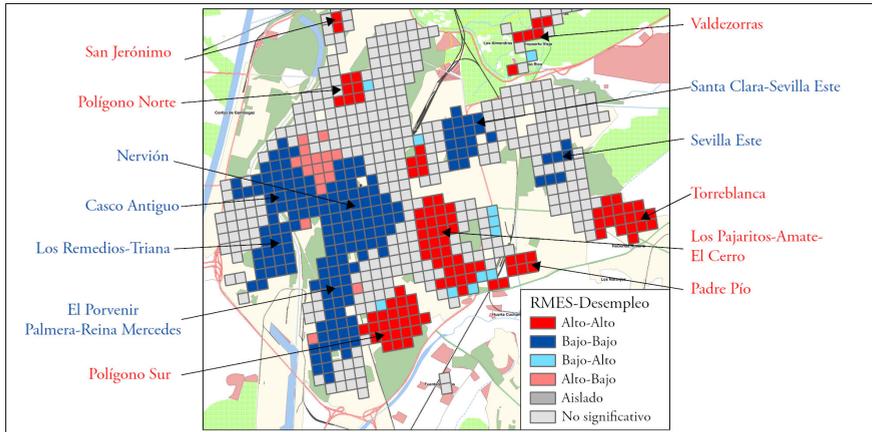
FIGURA 7 | Sevilla, RMES – Porcentaje de paro registrado



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

A partir del análisis de los indicadores locales de asociación espacial (LISA) bivalente, es posible identificar zonas diferenciadas o clústeres con comportamientos similares en el municipio de Sevilla. Se observa una tendencia en la que zonas con RMES alta o muy alta coinciden con zonas donde el paro registrado es también alto, conformándose amplias zonas de clústeres en el Polígono Sur, Los Pajaritos-Amate-Rochelambert, Padre Pío y Torreblanca, así como otras zonas más pequeñas en el Polígono Norte y Valdezorras, lo que refleja cierta vulnerabilidad social relacionada con carencias socioeconómicas. En la situación inversa se observa una fuerte concentración territorial de celdas donde la RMES es baja, coincidiendo con una baja presencia de demandantes de empleo en zonas del Casco Antiguo, Nervión, El Porvenir, La Palmera y Heliópolis, así como las zonas de Santa Clara y de Triana-Los Remedios (Figura 8).

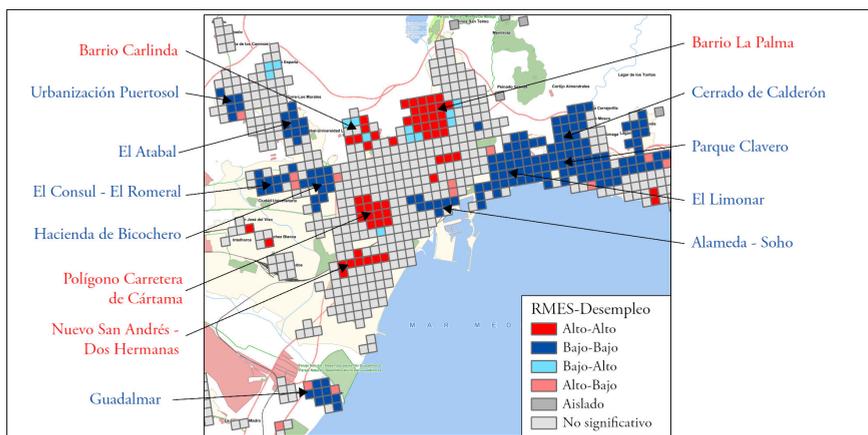
FIGURA 8 | LISA bivalente RMES – Porcentaje de paro registrado



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Esta situación se puede observar también en el caso de Málaga, con zonas vulnerables con RMES alta y paro registrado alto en la zona de Palma-Palmilla, Carlinda, Carretera de Cártama y Nuevo San Andrés, frente a zonas acomodadas con un gran clúster en las zonas centro y este de la ciudad en El Limonar, Parque Clavero y Cerrado Calderón, así como algunas urbanizaciones en zonas periféricas del oeste, como la Urbanización Puertosol, El Atabal y El Bizcochero (Figura 9).

**FIGURA 9 | Málaga. LISA bivalente RMES – Porcentaje de paro registrado**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La utilización de las celdas regulares en cuanto a forma y tamaño y de dimensiones reducidas permite realizar análisis espaciales donde se aprecian con precisión las zonas donde el comportamiento de las variables socioeconómicas está más definido, así como cuáles son las variables que reflejan con más claridad la segregación social en los territorios urbanos más complejos. Se han delimitado en párrafos anteriores, como ejemplo, las zonas que se destacan dentro de las dos ciudades principales en Andalucía, Sevilla y Málaga. La autocorrelación espacial para la RMES establece los conglomerados donde la variable se establece como altamuy alta, por encima de la media de Andalucía, o baja-muy baja, por debajo de la media. Se puede, a través de esta variable y del estudio de autocorrelación realizado, identificar las zonas socialmente más vulnerables dentro de la ciudad, así como los barrios con población más acomodada.

Esta variable, y a través de los análisis de correlación espacial que se han realizado, funciona con otras variables, destacando los datos de paro registrado, como indicador de precariedad laboral, y los ingresos por pensión de jubilación. Este último indicador parte de datos muy robustos tomados de la Seguridad Social y aproxima la información de ingresos globales del área, que actualmente no está disponible con este nivel de detalle. Las prestaciones por jubilación son de origen contributivo y están directamente relacionadas con la vida laboral de los pensionistas.

## Conclusiones

Uno de los objetivos fundamentales de este trabajo es analizar la utilización de la malla estadística como unidad de análisis para estudios espaciales complejos. Se utiliza una rejilla regular en cuanto a forma y tamaño, que se muestra muy útil para las tareas de análisis y de síntesis de la información, y ayuda de manera determinante a trazar los patrones de comportamiento espacial de las variables que se tratan en estos trabajos, tanto en la distribución de la población y toda la información que se le puede asociar, como en la relativa al espacio construido. Esto es de gran utilidad en la planificación y gestión de servicios públicos e igualmente facilita el estudio de fenómenos multifactoriales, a través del análisis de correlaciones espaciales entre factores ambientales, sociales y económicos.

La rejilla permite individualizar el territorio, integrar la información de manera sencilla, ayuda a dimensionar la información integrada en cada unidad y facilita –y esto quizás sea lo más destacable– la comparabilidad entre unidades y entre zonas, ya que esa comparabilidad no queda distorsionada por las dimensiones o por la forma de la unidad de análisis.

Se han podido establecer clústeres con un patrón espacial específico en zonas urbanas complejas y se detectan conglomerados con autocorrelación espacial en relación con la razón de mortalidad, desempleo, ingresos por jubilación y dimensiones de la vivienda. Se detectan también conglomerados con autocorrelación espacial bivalente, considerando la Razón de Mortalidad Estándar Suavizada con esas variables sociodemográficas. En gran medida, los conglomerados que aparecen en los ejemplos de Sevilla y Málaga muestran la relación existente entre los barrios socioeconómicamente menos favorecidos de las ciudades, donde la salud de sus habitantes es de menor calidad, frente a los barrios más favorecidos, donde el menor desempleo, los ingresos más altos y las viviendas de mayor calidad influyen en unos indicadores de mejor salud de la población.

En zonas no urbanas y en municipios con población escasa no se pueden establecer patrones espaciales, que sí se han establecido en las zonas urbanas de alta densidad. Esto se debe al efecto de agregación, y no a las características intrínsecas del tipo de poblamiento.

El alcance del análisis no es causal, de manera que no concluye que la residencia condicione de una forma directa la razón de mortalidad, pero sí confirma que características socioeconómicas son las más frecuentes en poblaciones con mortalidad baja o con mortalidad alta.

Teniendo en cuenta la disponibilidad, a través de servicios interoperables, de los datos analizados, así como su forma de agregación en celdas regulares, se abren posibilidades para muchos otros análisis que integren información espacial.

## Referencias bibliográficas

- Abidoye, B. & Orlic, E. (2022). Localizing the Sustainable Development Goals: A case for investment in data and impact evaluation. *Statistical Journal of the IAOS*, 38(3), 863-878. <https://doi.org/10.3233/SJI-220058>
- Anselin, L. (1995). Local Indicators of Spatial Association - ISA. *Geographical Analysis*, 27(2), 93-115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>
- Arredondo, A. (1992). Análisis y reflexión sobre modelos teóricos del proceso salud enfermedad. *Cadernos e Saúde Pública*, 8(3), 254-261. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X1992000300005>
- Bao, S. & She, B. (2014). The spatial data integration with China and us Geo-Explorers. *EFGS Krakow Conference 2014*, 22-24 October, Krakow, Poland.
- Berkman, L. & Kawachi, I. (2000). *Social epidemiology*. Oxford University Press.
- Bresters, P. (2014). Harmonizing population grid data into the INSPIRE data model. *EFGS Krakow Conference 2014*, 22-24 October, Krakow, Poland.
- Borrell, C. & Malmusi, D. (2010). La investigación sobre los determinantes sociales y las desigualdades en salud: evidencias para la salud en todas las políticas. Informe SESPAS 2010. *Gaceta Sanitaria*, 24(1), 101-108. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2010.05.005>
- Bueno, M. C., Martin, D. & D'Antona, A. (2013). Brazilian Statistical Grid – a hybrid approach. *EFGS Sofia Conference 2013*, 23-25 October, Sofia, Bulgaria. [https://www.efgs.info/wp-content/uploads/conferences/efgs/2013/Conference\\_EFGS2013\\_2410\\_4\\_BuenoPaper.pdf](https://www.efgs.info/wp-content/uploads/conferences/efgs/2013/Conference_EFGS2013_2410_4_BuenoPaper.pdf)
- Caravaca, I., González, G. & Silva, R. (2005). Innovación, redes, recursos patrimoniales y desarrollo territorial. *Revista EURE – Revista de Estudios Urbano Regionales*, 31(94), 5-24. <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612005009400001>
- Cayuela, L., Asuero Llanes, A., Rodríguez-Domínguez, S., Chávez-Conde, M. & Cayuela, A. (2020). Análisis espacial de la mortalidad por cáncer de pulmón en España con especial referencia a Andalucía (2013-2017). *Open Respiratory Archives*, 2(3), 107-112. <https://doi.org/10.1016/j.opresp.2020.03.006>
- Chiocchini, R., Mugnoli, S., Esposito, A., Lipizzi, F., Lombardo, G. & Minguzzi, R. (2014). Land Cover and Census integration geographic datasets to realize a statistic synthetic map. *EFGS Krakow Conference 2014*, 22-24 October, Krakow, Poland.
- Condeço-Melhorado, A., Reggiani, A. & Gutiérrez, J. (2018). New Data and Methods in Accessibility Analysis. *Networks and Spatial Economics*, 18, 237-240. <https://doi.org/10.1007/s11067-018-9404-3>
- Corcoran, D. (2017). The role of national address database in adding value to Irish statistics. *EFGS Dublin Conference, 2017*, 2-3 November, Dublin, Ireland.
- Díaz-Parra, I. (2010). Distribución y segregación de la población residente extranjera en el municipio de Sevilla (2000-2008). *Estudios Geográficos*, LXXI(268), 103-128. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.0470>
- Douglas, M. & Scott-Samuel, A. (2001). Addressing health inequalities in health impact assessment. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 55, 450-451. <http://dx.doi.org/10.1136/jech.55.7.450>
- Duque, I. (2013). Using Census 2011 geodata of Spain. *EFGS Sofia Conference, 2013*, 23-25 October, Sofia, Bulgaria.

- Duque, I. (2015). Surrounding paths for improving spatial point addresses in Spanish statistical production. *EFGS Vienna Conference 2015*, 10-12 November, Vienna, Austria.
- Duque, J., Anselin, L. & Rey, S. (2012). The Max-p-Regions Problem. *Journal of Regional Science*, 52(3), 397-419. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.2011.00743.x>
- Enrique, I., Molina, J. E., Ojeda, S., Escudero, M. & Pérez, G. (2013). Distribución espacial de la población en Andalucía. Año 2013. *Cuadernos Geográficos* 52(2), 153-157. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v52i2.1518>
- Enrique, I. & Ojeda, S. (2013). A population grid for Andalusia (Spain). *EFGS Sofia Conference, 2013*, 23-25 October, Sofia, Bulgaria.
- European Forum for GeoStatistics (EFGS). (2012). *ESSnet project GEOSTAT 1A-Representing Census data in a European population grid-Final Report*. Eurostat-Luxembourg. <https://www.efgs.info/wp-content/uploads/geostat/1a/GEOSTAT1A-final-report.pdf>
- European Forum for GeoStatistics (EFGS). (2013). *ESSnet project geostat 1B-Representing Census data in a European population grid-Final Report*. Eurostat-Luxembourg. <https://www.efgs.info/wp-content/uploads/geostat/1b/GEOSTAT1B-final-technical-report.pdf>
- European Forum for Geography and Statistics (EFGS). (2017). *A Point-based Foundation for Statistics. Final report from the geostat 2 project*. Eurostat-Luxembourg. <https://www.efgs.info/wp-content/uploads/2017/03/GEOSTAT2ReportMain.pdf>
- Folch, D. C. & Spielman, S. E. (2014). Identifying regions based on flexible user-defined constraints. *International Journal of Geographical Information Science*, 28(1), 164-184. <https://doi.org/10.1080/13658816.2013.848986>
- Freire, S. & Halkia, M. (2014). GHSL application in Europe: Towards new population grids. *EFGS Krakow Conference 2014*, 22-24 October, Krakow, Poland.
- García, J. C., Gutiérrez, J. & Cardozo, O. D. (2013). Walking accessibility to public transport: an analysis based on microdata and GIS. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 40(6), 1087-1102. <https://doi.org/10.1068/b39008>
- Gatrell, A. C., Bailey, T. C., Diggle, P. J. & Rowlingson, B. S. (1996). Spatial Point Pattern Analysis and Its Application in Geographical Epidemiology. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 21(1), 256-274. <https://doi.org/10.2307/622936>
- Goerlich, F. (2013). Urban/Rural Areas: Population density (from a 1 km<sup>2</sup> grid), land cover and remoteness as basic elements for an urban/rural typology at LAU2 level. *EFGS Sofia Conference, 2013*, 23-25 October, Sofia, Bulgaria.
- Goerlich, F. & Cantarino, I. (2012). *Una grid de densidad de población para España*. Fundación BBVA. [https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2017/05/dat/DE\\_2012\\_Ivie\\_una\\_grid\\_densidad.pdf](https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2017/05/dat/DE_2012_Ivie_una_grid_densidad.pdf)
- Hidalgo Bucheli, G. E. (2019). Uso del Índice de Moran y LISA para explicar el ausentismo electoral rural en Ecuador. *Revista Geográfica*, (160), 91-108. <https://doi.org/10.35424/regeo.160.2019.746>
- Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA). (2019). *Estadísticas Longitudinales de Supervivencia y Longevidad en Andalucía, 2002-2016*. IECA, Sevilla. <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/longevidad/index.htm>
- Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA). (2021). *Distribución Espacial de la Población en Andalucía*. IECA Sevilla. <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/distribucionpob/index.htm>

- Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA). (2022). *Caracterización y distribución del espacio construido en Andalucía*. IECA, Sevilla. <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/espacios-construidos/servicios.htm>
- Kuzma, I. & Nikić, B. (2015). Mobile positioning and Statistical derivatives – The way forward? *EFGS Vienna Conference 2015*, 10-12 November, Vienna, Austria.
- Llausàs, A., Hof, A., Wolf, N., Saurí, D. & Siegmund, A. (2019). Applicability of cadastral data to support the estimation of water use in private swimming pools. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46(6), 1165-1181. <https://doi.org/10.1177/2399808318756370>
- Longhi, F. (2020). Condiciones de vida y contextos de salud. Un análisis territorial aplicado a la población argentina (2001-2010). *Revista Huellas*, 24(1), 133-156. <http://dx.doi.org/10.19137/huellas-2020-2408>
- Ojeda, S. & Paneque, P. (2018). Análisis del consumo doméstico de agua por habitante a escala de detalle en el sistema de abastecimiento de Aljarafe. En *Tecnologías de la Información Geográfica: perspectivas multidisciplinares en la sociedad del conocimiento. Actas del XVIII Congreso Nacional de Tecnologías de Información Geográfica* (pp. 636-647). Asociación de Geógrafos Españoles (AGE) y Universidad de Valencia.
- Organización de la Naciones Unidas (ONU). (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Informe Brundtland*. ONU, Nueva York.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2009). *Subsanar las desigualdades en una generación: alcanzar la equidad sanitaria actuando sobre los determinantes sociales de la salud*. World Health Organization, Washington. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/69830>
- Pérez-Alcántara, J. P., Díaz-Cuevas, M. P., Álvarez-Francoso, J. I. & Ojeda-Zújar, J. (2016). Métodos de adscripción tratamiento espacial para la generación y visualización de indicadores de vivienda (GRID) a través de catastro. En *Aplicaciones de las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) para el desarrollo económico sostenible. XVII Congreso Nacional de Tecnologías de Información Geográfica* (pp. 224-234). Málaga, 29, 30 de junio y 1 de julio de 2016.
- Pérez-Alcántara, J. P., Ojeda-Zújar, J., Díaz-Cuevas, M. P. & Álvarez-Francoso, J. I. (2017). Integración de Datos Poblacionales y Catastrales en estructura GRID: primeros resultados para el espacio residencial en el litoral andaluz. *Actas del XXV Congreso de la Asociación de Geógrafos Españoles* (pp. 1619-1628). Madrid, 25-27 de octubre de 2017.
- Petri, E. (2014). Integration of statistical and geospatial information – An overview of European and global initiatives. *EFGS Krakow Conference 2014*, 22-24 October, Krakow, Poland.
- Piel, P. (2014). Commuting time for every employed: combining traffic sensors and many other data sources for population statistics. *EFGS Krakow Conference 2014*, 22-24 October, Krakow, Poland.
- Poelman, H. (2017). Mapping high-resolution population and employment data in urban areas, using Copernicus Urban Atlas as a framework: Some tests taking into account the third dimension. *EFGS Dublin Conference, 2017*, 2-3 November, Dublin, Ireland.
- Salas-Olmedo, M. H., García Palomares, J. C., Gutiérrez, J. & Moya-Gómez, B. (2015). Dynamic accessibility analysis using big data. *ERSA 55th Congress World Renaissance: Changing roles for people and places*, Lisbon, 25-28 August 2015.

- Santos, A. (2013). Using the European Grid “ETRS/LAEA\_PT\_1K” as the foundation for the new Portuguese Sampling Infrastructure. *EFGS Sofia Conference, 2013*, 23-25 October, Sofia, Bulgaria.
- Siabato, W. & Guzmán-Manrique, J. (2019). La autocorrelación espacial y el desarrollo de la geografía cuantitativa. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 28(1), 1-22. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v28n1.76919>
- Trainor, T. (2017). The Benefits of Coordinating Statistical and Geospatial Data for Smart Cities within the Framework of the 2030 Sustainable Development Agenda. *EFGS Dublin Conference, 2017*, 2-3 November, Dublin, Ireland.
- Vela-Ríos, J., Rodríguez-Rasero, F. J., Moya-Ruano, L. A., Candau-Bejarano, A. & Ruiz-Fernández, J. (2016). Institucionalización de la evaluación del impacto en la salud en Andalucía. *Gaceta Sanitaria*, 30(1), 81-84. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2015.08.009>
- Villarín-Clavería M. C. (2015). *Factores explicativos de la demanda doméstica de agua. Estudio a microescala del municipio de Sevilla*. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla, España.
- Winchester, L. (2006). *El desarrollo sostenible de los asentamientos humanos en América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/5671> (documento en inglés).

Package ‘geostan’. Donegan, C. & Morris, M. (2022). <https://cran.r-project.org/>

Package ‘sfdep’. Parry, J. (2022). <https://cran.r-project.org/>

Package ‘rgeoda’. Li, X. & Anselin, A. (2022) <https://cran.r-project.org/>