



TRABAJO FIN DE GRADO

Director: Pablo Fernández de Arróyabe Hernáez

Curso: 2020-2021

**DETERMINANTES FÍSICO-AMBIENTALES Y
SOCIOECONÓMICOS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL
DE LA PRIMERA OLA EPIDÉMICA DE
LA COVID-19 EN ESPAÑA**

**PHYSICAL-ENVIRONMENTAL AND SOCIO-ECONOMIC
DETERMINANTS OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF
THE FIRST EPIDEMIC WAVE OF
COVID-19 IN SPAIN**

Carlos Pérez Pérez

Junio de 2021

RESUMEN

El COVID-19 es una realidad a nivel internacional, que afecta a la población mundial, aparentemente sin ningún patrón claro, y de manera similar tanto a países desarrollados como aquellos que no lo están tanto. Las políticas frente al virus y las características demográficas, ambientales y socioeconómicas, han dado lugar a que la enfermedad evolucione de forma diferente en todos los países.

El objetivo del Trabajo de Fin de Grado, es el análisis estadístico-espacial de una serie de variables de distinto ámbito, tratando de determinar en qué medida han podido influir en la evolución de distintos aspectos de la enfermedad (tasa de contagios, tasa de mortalidad, transmisión...), al igual que señalar las desigualdades que se produzcan desde distintos puntos de vista. El análisis de la enfermedad será en el ámbito español y a una escala provincial, por la disponibilidad y fiabilidad de los datos y hace referencia a la primera ola, es decir desde febrero de 2020 a mayo de ese mismo año.

Palabras clave: COVID-19, España, variables, percepción.

ABSTRACT

COVID-19 is a reality at the international level, which affects the world population, apparently without any clear pattern and in a similar way, both in developed countries and those that are not so much. Policies against the virus and demographic, environmental and socioeconomic characteristics, have resulted in the disease not evolving in a similar way in all countries.

The objective of the Final Degree Project is the analysis statistical-spatial of a series of variables of different scopes, trying to determine to what extent they have been able to influence the evolution of different aspects of the disease (infection rate, mortality rate, transmission...), as well as pointing out the inequalities that occur from different points of view. The analysis of the disease will be in the Spanish area and on a provincial scale, due to the availability and reliability of the data and refers to the first wave, that goes from February of 2020 to May of the same year.

Key words: COVID-19, Spain, variables, perception.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Marco histórico: de la Teoría de los Miasmas a la Geografía de la Salud	6
1.2. Las enfermedades respiratorias: la COVID-19	10
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DE TRABAJO	12
2.1. Objetivo general	12
2.2. Objetivos e hipótesis iniciales	12
3. FUENTES DE DATOS Y METODOLOGÍA	13
3.1. Área de estudio	14
3.2. Fuentes de datos	15
3.2.1. Datos de vigilancia epidemiológica: COVID SIVIES	15
3.2.2. Datos serológicos de prevalencia de la enfermedad	17
3.2.3. Variables climáticas	17
3.2.4. Variables demográficas y socioeconómicas	18
3.3. Metodología	19
4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
4.1. Análisis descriptivo de los casos por género y grupos de edad	22
4.2. Índice de envejecimiento y COVID-19	24
4.3. Análisis descriptivo de datos de seroprevalencia	26
4.4. Aspectos atmosféricos y la COVID-19 en ESPAÑA	29
4.4.1. Temperatura y seropositividad	29
4.4.2. Amplitud térmica y seropositividad	31
4.5. Determinantes socioeconómicos y COVID-19 en ESPAÑA	32
4.5.1. La densidad de población y el COVID-19	32
4.5.2. La renta per cápita y el COVID-19 en España	34
4.6. Perfiles geográficos de seroprevalencia	37
5. CONCLUSIONES	40
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS	
BIBLIOGRAFÍA	
FUENTES	

1. INTRODUCCIÓN

El planeta atraviesa actualmente una situación pandémica que ha puesto de manifiesto la globalidad de ciertos fenómenos naturales como lo es la expansión de un virus a través de la movilidad de las personas. La COVID-19 es una enfermedad infecciosa respiratoria aguda, que afecta de manera significativa al conjunto de la población mundial. La desigual distribución espacial y temporal de los casos de la enfermedad da lugar al planteamiento de múltiples hipótesis que buscan dar una respuesta y una mayor comprensión a la distribución geográfica de los procesos epidémicos del virus SARS-Cov-2 y su posible relación de estos procesos con diferentes factores geográficos.

A la hora de responder a esta compleja cuestión, la Geografía tiene una larga experiencia gracias a su propia configuración multidisciplinar, que en muchas ocasiones ha resultado fundamental para resolver incógnitas complejas. El uso del método geográfico en las Ciencias de la Salud puede ser sin duda una gran herramienta teniendo en cuenta la gran diversidad de factores y las complejas relaciones que intervienen en el problema planteado en este Trabajo Fin de Grado (TFG).

La existencia de diferentes estudios divulgativos y trabajos científicos que asocian la ocurrencia de una enfermedad determinada a los factores físicos, atmosféricos, ambientales, sociales, económicos y culturales de un determinado lugar son propios de materias como las Topografías Médicas, la Geografía Médica, la Geografía de la Salud, la Epidemiología del Paisaje, la Ecoepidemiología u otros estudios de base geográfica. En todos ellos, el lugar geográfico donde se desarrolla la enfermedad puede ser, al mismo tiempo, causa y efecto de la misma.

En las últimas décadas el método de trabajo geográfico ha ido ganando importancia en los estudios llevados a cabo en relación con las enfermedades y su desigual distribución en el territorio, así como en la obtención de resultados muy significativos (Santana, 2014).

Las herramientas técnicas de base geográfica, como los Sistemas de Información Geográfica cumplen un papel fundamental, como instrumentos de almacenamiento, visualización, análisis y representación de información georreferenciada, siendo de gran utilidad para la salud pública, la epidemiología y la salud ambiental. Su gran capacidad a la hora del tratamiento de grandes volúmenes de datos, junto a los continuos avances de geoprocésamiento en la nube ha dado lugar nuevas herramientas fundamentales a la hora

de hablar de análisis espacial en términos generales (López Lara, Posada y Moreno, 2006).

Una de las principales aportaciones de la Geografía al estudio de las pandemias como la de la COVID-19, ha sido la consideración de la importancia de la ubicación geográfica del enfermo (Cerdeja y Valdivia, 2007) como un elemento clave dentro de cada registro sanitario obtenido por las distintas administraciones. El primer estudio donde la ubicación espacial resultó clave para el control de una epidemia fue el asociado a un brote de cólera en Londres en 1854, cuyo protagonista fue John Snow, el padre de la epidemiología moderna, el cual determinó a través de un mapa, que los fallecidos por esta enfermedad habitaban en torno a una fuente que emanaba aguas contaminadas (Cerdeja y Valdivia, 2007).

La ubicación en el espacio del individuo enfermo facilita poder determinar si existen desigualdades territoriales respecto a esa enfermedad, modelizar la difusión de la evolución de la enfermedad si es un proceso infectivo o caracterizar diferentes unidades espaciales atendiendo a múltiples variables asociadas con una enfermedad concreta. Unido a esto, el rápido desarrollo de la estadística espacial posibilita encontrar patrones que nos ayudan a resolver los problemas de salud pública o, por ejemplo, a entender cómo se difunden en el espacio las enfermedades y también, nos permiten evaluar cómo las decisiones políticas y sanitarias influyen en el desarrollo de estas. En el caso de la COVID-19, se puede observar cómo los distintos confinamientos mantenidos en diferentes lugares del mundo y las distintas medidas que se han ido tomando durante la epidemia han influido en el desarrollo de la epidemia teniendo una clara impronta espacial.

Antes de empezar, es preciso hacer un pequeño inciso para repasar brevemente la evolución histórica que se ha producido entre la interacción de disciplinas como son la Geografía y la Epidemiología. Para ello me parece fundamental definir brevemente qué son y cuáles son los objetivos comunes de términos como *epidemiología*, *geografía*, *higiene*, *salud pública*, *geografía médica* y *de la salud*, pues tienen un papel fundamental a la hora de obtener respuestas y soluciones en problemas como la pandemia actual.

1.1. Marco histórico: de la Teoría de los Miasmas a la Geografía de la Salud

La relación entre la Geografía y la salud tiene una larga historia que ha evolucionado de acuerdo con los distintos enfoques históricos y culturales. Desde la atribución de las enfermedades a hechos mágicos o mitológicos (Pickehayn, 1999), hasta las explicaciones lógicas, racionales y científicas basadas en el estudio de la relación existente entre el ser humano y su entorno ambiental. En la Antigüedad, Hipócrates, en sus Tratados *Corpus Hippocraticum*, en el volumen III titulado “Sobre los aires, aguas y lugares” refleja la influencia e importancia de la situación geográfica y la naturaleza de sus habitantes en la salud, de cómo el médico que llega a un lugar determinado debe sacar información y conclusiones sobre las enfermedades que afectan a sus habitantes teniendo en cuenta las condiciones naturales del entorno geográfico donde viven, es decir, la dependencia del hombre respecto al entorno ambiental (Casco, 2001).

Hipócrates establece ya un método de trabajo, en el que a partir de una información variada (social, personal, física y ambiental) se extraen unas conclusiones relativas a la salud de una población. La influencia del entorno, la situación de las ciudades, las aguas y los climas son claves para la salud y la enfermedad, así como su diferenciación entre edades y sexos.

Esta tradición ambientalista tuvo mucho que ver con la aparición de las topografías médicas entendidas como los estudios de lugares geográficos concretos y de sus poblaciones, desde un punto de vista higiénico-sanitario que engloba, generalmente, la descripción física del lugar, la situación, el clima, el suelo, la hidrografía, la flora y la fauna, cuyo principal objetivo es la identificación de desigualdades en el espacio, como señal de la existencia de factores influyentes (Urteaga, 1980). Es decir, eran obras que trataban de reunir toda la información necesaria para la caracterización de los distintos espacios y la descripción de las distintas problemáticas que pudiesen influir en la aparición de enfermedades. Las topografías médicas pueden ser entendidas entonces como obras de caracterización del espacio (historia, población, geografía...) y diagnóstico desde un enfoque médico.

En el siglo XVII, Thomas Sydenham y Giovanni Lancini formularon la teoría miasmática, la cual determinaba que las emanaciones nocivas procedentes de los seres vivos y de la propia naturaleza afectaban de manera crucial a la existencia de enfermedades (Larrea, 1997) y, por lo tanto, afectaban a la salud. Esta teoría produjo un fuerte interés en llevar a cabo medidas de salud pública e higiene, por la influencia que

tenía el entorno en puntos calientes de brotes de enfermedades y epidemias. Estas medidas de prevención, como la mejora de la higiene en las viviendas, el saneamiento, la mayor limpieza, dieron lugar a que los niveles de enfermedad se redujeran (Caponi, 2002). Estas acciones preventivas propiciaron la aparición de una conciencia colectiva frente a la prevención de las enfermedades.

El Higienismo fue, en este sentido, una corriente de pensamiento desarrollada principalmente por médicos basada en el estudio y diagnóstico del espacio regional y urbano, que se desarrolla entre finales del siglo XVIII e inicios del siglo XX. Nace de la preocupación por preservar la salud pública, en la que el entorno ambiental y el medio social tienen una gran influencia en el desarrollo de enfermedades. Las nuevas ciudades industriales y su precariedad asociada a las condiciones de vida en las que habitan los trabajadores (Urteaga, 1980) dan lugar a la implantación de medidas higiénicas con el fin de mejorar la salud.

El enfoque ecológico aplicado dio lugar a estudios que determinaban y creaban tratamientos del ambiente para la prevención sanitaria mediante la higiene y a través del saneamiento del espacio. Es decir, la intervención del patógeno en el ambiente es denominada como saneamiento, mientras que la intervención de la enfermedad en la población pertenece a la higiene y por extensión a la salud pública.

Ya desde la antigüedad encontramos los antecedentes de la salud pública, entendida como todas las acciones llevadas a cabo con el fin de promocionar la salud y prevenir la enfermedad (Toledo, 2005). La complejidad de esta ha ido evolucionando desde la Prehistoria, con el aprendizaje de técnicas de conservación de los alimentos, enterramiento de cadáveres, y la deposición de desechos alejados de la población. Estas técnicas y acciones se van modernizando y mejorando a medida que transcurre la historia, creando más adelante viviendas con baños que mejoraban la higiene personal, así como la creación de drenajes en las ciudades. Estas técnicas han ido surgiendo desde las distintas civilizaciones, y han dado lugar a la continua mejora de la vida de las personas.

Como podemos observar, la salud pública abarcará una multitud de disciplinas con sus técnicas y métodos cuyo único fin principal es promocionar la salud en la sociedad, desde la organización del sistema sanitario hasta la educación social en higiene, pasando por el saneamiento. En otras palabras, cualquier acción que promueva la salud y prevenga enfermedades (Toledo, 2005).

Ya en el siglo XVIII el impacto que tenía la enfermedad y la muerte en la economía de un país, dio lugar a que la salud pasase a ser un problema de Estado. La salud paso a ser una cuestión social más que individual.

A principios del siglo XX, la teoría miasmática pasó a ser totalmente reemplazada por la teoría bacteriológica de Pasteur, la cual determinaba que la propagación de las enfermedades no se producía por las emanaciones, sino por los microbios que existen en estas emanaciones. Esta corriente dio lugar a un interés más fuerte por parte de los profesionales de las ramas de salud, dejando de lado, en gran medida, los contextos que producían los problemas de salud (Casco, 2001) produciendo cierta decadencia de las topografías médicas, ya que, el desarrollo de la microbiología cambia la concepción de la enfermedad radicalmente (Urteaga, 1980) pasando a ser un fenómeno meramente biológico, en el que los médicos dejaban aparte el razonamiento ambientalista proveniente de la tradición hipocrática, centrándose en el patógeno, es decir, en los organismos capaces de causar una enfermedad.

La Geografía Médica a mediados del siglo XX estuvo orientada al estudio de la distribución de los complejos patógenos. Los complejos patógenos son sistemas espacializados que involucran un conjunto de elementos biológicos y ambientales en torno a una patología definida cuyo paciente es el hombre (Sorre, 1933, citado en Ferreira, 1991). Este concepto fue desarrollado por Maximilien Sorre, quien demostró la importancia de la Geografía como instrumento esencial para estudiar aquellos problemas de salud donde el paisaje es un elemento fundamental en los ciclos del desarrollo de enfermedades. El hecho de que esta disciplina se denomine Geografía Médica viene determinado fundamentalmente porque los médicos son los encargados de sustentarla y tiene ese carácter relacionado con las ciencias de la medicina (Ferreira, 1991).

Los primeros trabajos de geógrafos datan de las primeras décadas del siglo XX y se desarrollan en torno a las cuestiones de la ecología de la enfermedad y de la difusión espacial de las enfermedades. La distribución espacial de los factores de riesgo se efectúa a dos escalas: a escala general, que busca la extensión de los fenómenos sobre la superficie de la Tierra; a escala regional, es decir, cada región es caracterizada por la asociación de las epidemias con otros aspectos geográficos, físicos, biológicos y humanos (Santana, 2014).

Dentro de este contexto encontramos la epidemiología, disciplina científica que se basa en el estudio de la distribución, de los determinantes de la salud y de las enfermedades en

la población, así como el uso de los resultados para el control de las enfermedades y la promoción de la salud (Last, 1998).

El estudio territorial de la salud humana ha venido a ser ampliado con los años. Inicialmente, aprovechando las fructíferas relaciones entre la Geografía y la Medicina, se materializó en las topografías médicas en el siglo XIX, siendo esta responsabilidad de los médicos. Posteriormente, se extiende a un vasto conjunto de materias de conocimiento (ejemplo economía, sociología, planificación), siendo esta la razón por la cual el término usado para denominar esta disciplina se ha cambiado a Geografía de la Salud (Curto, 2008).

En definitiva, los geógrafos se han interesado por los temas de la salud y la enfermedad y su distribución espacial históricamente, sustentado este hecho con sus múltiples investigaciones. Hoy en día la Geografía médica y de la salud son campos de estudio consolidados y nadie duda de su incidencia en las políticas sanitarias. La Geografía de la salud comprende materias científicas y especialidades como la antropología, sociología, psicología, economía... Geografía humana, la Geografía de las desigualdades, la Geografía del género, la Geografía de los servicios, la meteorología y la climatología, la cartografía y un largo etcétera.

En este contexto histórico, y de forma transversal, las tecnologías de la información geográfica cumplen en la actualidad un papel fundamental en lo relativo a la salud pública, ya que todas las medidas y acciones tomadas llevan de fondo un estudio multidisciplinar en el que la información geográfica es fundamental, mucho más en aspectos epidemiológicos como el que se plantea en este trabajo. La capacidad que tienen las herramientas actuales para el manejo de grandes volúmenes de datos, posibilita un acercamiento al problema y a las soluciones de este prácticamente en tiempo real. Son las herramientas propias de la Geografía, las cuales están evolucionando constantemente. A principios de los años ochenta, se comienza a hablar de la Geografía automatizada, atendiendo a los avances tecnológicos dan lugar a una nueva forma de tratar y analizar los datos geográficos.

Como ya he comentado, el conocimiento de las características demográficas y ambientales es un aspecto fundamental a la hora de gestionar una crisis como la pandemia actual, que va a ser la información que alimenten estas herramientas que son los Sistemas de Información Geográfica.

Los SIG conforman una alta tecnología geográfico-informática, capaz de soportar la captura, almacenamiento, recuperación, transformación, análisis, modelado y

presentación de datos espaciales para la resolución de problemas de planificación y gestión (Moreno, 2001). Esto unido a que estas características estén ubicadas en el espacio, da lugar, a que exista un mejor seguimiento de lo que ocurre en cada momento, así como se establece una sinergia entre la potencialidad de los sistemas de información geográfica y unas buenas fuentes de datos.

En la actualidad, existen multitud de investigaciones relacionadas con el virus que ha alterado el orden socioeconómico mundial, cuya clave principal es su carácter multidisciplinar, y cuyo objetivo es el planteamiento de una serie de preguntas referentes a la enfermedad. Resolviendo estas incógnitas nos vamos acercando cada vez más a la realidad del virus. Como es el caso del IDIVAL en Cantabria, Instituto de Investigación de Valdecilla, en donde un gran equipo multidisciplinar, que, respecto a la Geografía, formula preguntas como si la distribución de casos sigue un patrón, si existen una relación con la estructura social... preguntas que se tratan de responder a través del método geográfico y con la ayuda de los sistemas de información geográfica (Cos y Usobiaga, 2019).

1.2. Las enfermedades respiratorias: la COVID-19

La enfermedad objeto de estudio en este trabajo es la COVID-19 originada por un tipo de virus respiratorio que ha puesto en jaque a todo el sistema mundial de prevención de pandemias. Este virus pertenece a una extensa familia que pueden causar enfermedades tanto en animales como en humanos. En los humanos, se sabe que varios coronavirus causan infecciones respiratorias que pueden ir desde el resfriado común (virus respiratorio sincitial) hasta enfermedades más graves como las infecciones respiratorias agudas (IRA) entre las que se encuentran el síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS) y el síndrome respiratorio agudo severo (SARS).

La COVID-19 es la enfermedad infecciosa transmisible causada por el coronavirus SARS-CoV-2. Tanto este nuevo virus como la enfermedad que provoca eran desconocidos antes de que estallara el brote en Wuhan, provincia de Hubei (China) a finales del año 2019. Actualmente la COVID-19 es una pandemia que afecta a muchos países de todo el mundo. La pandemia ha evolucionado de una manera muy rápida y el conocimiento sobre este virus es cada día un poco mayor. A comienzos de 2020 era completamente desconocido, pero la comunidad científica ha logrado aislarlo, secuenciarlo, identificarlo y desarrollar pruebas para su diagnóstico (PCR) y responder

con la producción de vacunas efectivas en un tiempo asombroso. Como ocurre con cada nueva epidemia, hay incógnitas que se irán resolviendo a medida que la epidemia evolucione y que los científicos logren entender mejor el virus.

Los síntomas más habituales de la COVID-19 son la fiebre, la tos seca y el cansancio. Otros síntomas menos frecuentes que afectan a algunos pacientes son los dolores y molestias, la congestión nasal, el dolor de cabeza, la conjuntivitis, el dolor de garganta, la diarrea, la pérdida del gusto o el olfato y las erupciones cutáneas o cambios de color en los dedos de las manos o los pies (Pérez Abreu, Gómez Tejeda y Dieguez, 2020). Estos síntomas suelen ser leves y comienzan gradualmente. Algunas de las personas infectadas solo presentan síntomas muy leves. La mayoría de las personas (alrededor del 80%) se recuperan de la enfermedad sin necesidad de tratamiento hospitalario. Alrededor de 1 de cada 5 personas que contraen la COVID-19 acaba presentando un cuadro grave y experimenta dificultades para respirar. Las personas mayores y las que padecen afecciones médicas previas como hipertensión arterial, problemas cardiacos o pulmonares, diabetes o cáncer tienen más probabilidades de presentar cuadros graves. Sin embargo, cualquier persona puede contraer la COVID-19 y caer gravemente enferma.

El 31 de diciembre de 2019, China anuncia a la OMS, la aparición de un virus en un mercado de animales de la ciudad china de Wuhan. Se trata de un coronavirus, virus de origen animal que ha pasado a los humanos. En los últimos veinte años, ha ocurrido dos veces que un coronavirus ha pasado a los humanos, este proceso se denomina zoonosis (Dabanch, 2003). y han causado epidemias bastante graves.

A diferencia del SARS y el MERS, con unas tasas de mortalidad del 8% y 37% respectivamente (Hernández Rodríguez, 2020), la tasa de mortalidad de la COVID-19 está en torno al 2%. En ese sentido, lo que la hace más grave es la gran capacidad de contagio que tiene, que le permite llegar a un volumen muy elevado de la población mundial y por tanto tiene la capacidad para colapsar fácilmente los sistemas sanitarios de incluso en los países más desarrollados.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DEL TRABAJO

2.1. Objetivo general

El objetivo general de este trabajo consiste en poner en valor el método geográfico como instrumento válido para analizar problemas de carácter epidemiológico considerando diferentes aspectos propios de la Geografía humana y física con el fin de relacionar la distribución espacial de la prevalencia geográfica de la enfermedad en España con diferentes variables físicas, ambientales, sociales y económicas propias de su Geografía.

La hipótesis general de este trabajo consiste en probar la validez del razonamiento ambientalista propio de la tradición hipocrática, como método útil para comprender explicar mejor el desarrollo de la primera ola de COVID-19 en España. Todo ello sin menospreciar, como contraposición, la enorme validez de los análisis médico-epidemiológicos altamente especializados de los patógenos que generan la enfermedad.

2.2 Objetivos específicos e hipótesis iniciales

A partir de unos datos proporcionados por distintas administraciones y estudios se va a tratar de representar la situación en España a nivel provincial y se pretende aportar algo de luz sobre el comportamiento espacial de la pandemia y confirmar la presencia de patrones territoriales que sean significativos, así como tratar de identificar factores que aparenten tener un impacto en la transmisión del virus.

- Establecer si factores como la edad y el género ha influido en la distribución de los casos, en su gravedad, en el número de hospitalizaciones en Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) y en las defunciones habidas a partir de los datos epidemiológicos registrados en la primera ola en España, es decir, ¿existe un impacto desigual de distintos aspectos de la enfermedad, según la edad y género de la población?
- Elaborar un mapa que represente la situación de España a nivel provincial de la seroprevalencia del virus en la población, a partir de distintos métodos de interpolación y representación con el objetivo de observar algún patrón claro o una tendencia.

- Estudiar la posible relación entre la prevalencia del virus en la población española y distintas variables meteorológicas, como la temperatura. ¿Existe una relación entre el comportamiento de la temperatura y la transmisión del virus?
- Validar la posible relación entre la prevalencia del virus en la población española y distintas variables socioeconómicas. ¿Existe una relación entre variables como la densidad de población y la renta per cápita con la transmisión del virus?
- Generar diferentes superficies estadísticas de seroprevalencia a partir de métodos deterministas (IDW) y analíticos (Kriging) de interpolación, como paso previo a la elaboración de una serie de perfiles geográficos de seroprevalencia, tendiendo como origen de estos la capital de España, Madrid. ¿Cómo varía la seroprevalencia cuando nos movemos por la geografía española?
- Finalmente, valorar la posible utilidad de estos perfiles geográficos de seroprevalencia en el campo de la prevención y salud pública en el futuro.

3. FUENTES DE DATOS Y METODOLOGÍA

En primer lugar, es fundamental entender que las fuentes de datos empleadas siempre tienen limitaciones, y un ejemplo de ello es que el número de casos diagnosticados de una enfermedad como la COVID-19, en una comunidad determinada en un periodo de tiempo específico (incidencia) va a depender claramente del número de test que se realicen, de la relación de síntomas que dan lugar a que se realice un test por precaución, sin meternos a hablar de la sensibilidad y especificidad de los tests (Huamán-Saavedra, 2020). Es también importante considerar la presencia de un patrón temporal de la enfermedad si lo tuviera, como por ejemplo aquellas que tienen picos en ciertas épocas del año como la gripe. Los datos empleados en la elaboración de este trabajo se corresponden con datos de incidencia y de seroprevalencia (porcentaje de personas que tras pasar la enfermedad tienen anticuerpos de la misma) relativos a la COVID-19, así como con distintas variables e indicadores sociales, demográficos, económicos y físicos obtenidos a una escala provincial.

El análisis de los datos se sustenta en la generación de indicadores y tasas de las variables consideradas en el estudio y en su representación gráfica y cartográfica al ser estos indicadores e instrumentos de medida que pueden ser utilizados por las

administraciones para determinar el estado de las distintas unidades de estudio o poblaciones. Estos indicadores permiten caracterizar y evaluar el estado de la enfermedad tanto temporal como espacialmente y son, al fin y al cabo, una etiqueta que atribuimos a cada provincia, se deben de caracterizar por su representatividad, validez, robustez, fiabilidad, accesibilidad y disponibilidad (Santana, 2014). Es decir, estos indicadores, que son variables empíricas, índices, porcentajes, tasas, nos han de proporcionar los conocimientos que sirvan para comprender las relaciones que se establecen entre los condicionantes de la enfermedad y facilitar la toma de decisiones adecuadas en la gestión del problema. Estos indicadores también nos van a permitir establecer comparaciones entre las unidades geográficas de estudio.

En cuanto a la bibliografía revisada para realizar el marco teórico-histórico, se han consultado principalmente artículos científicos que trataban sobre la evolución de lo que denominamos hoy en día Geografía de la Salud, y como han ido cambiando los objetos de estudio, las técnicas, métodos y el profesional que se ocupa de estos asuntos a lo largo de los años; así como diferentes manuales como puede ser el Manual de Geografía de la Salud de Paula Santana, el cual te ayuda a comprender cómo funciona esta disciplina.

Para la parte de representación y análisis, se han revisado artículos que utilizaban software SIG para llevar a cabo el estudio de la enfermedad desde distintos puntos de vista, así como también a diferentes escalas y con enfoque temporales, y no puntuales como es el caso de este trabajo, es decir, que he podido observar las distintas metodologías y opciones que puedes seguir a la hora de realizar un estudio como éste.

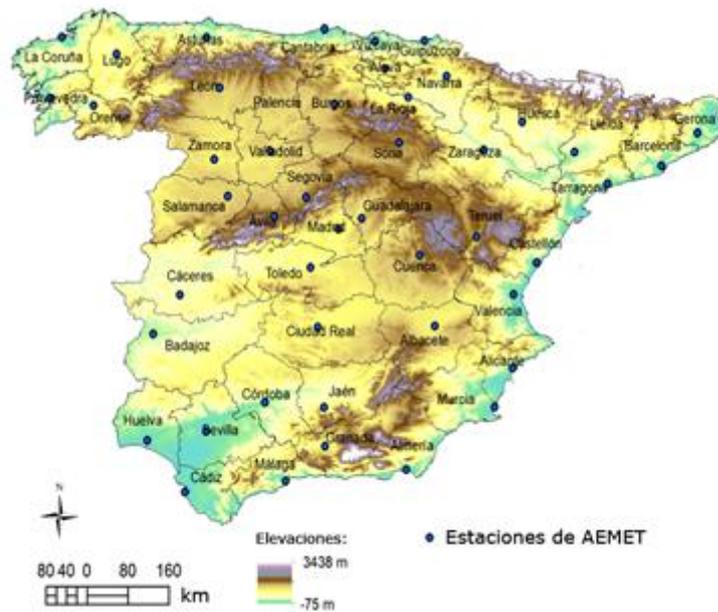
3.1. Área de estudio

Inicialmente se planteó un enfoque internacional, lo que hubiese dado lugar a unas desigualdades mucho mayores que la escala nacional, y el contraste en las fronteras sería muy notable, pero las limitaciones que ofrecen las distintas fuentes de datos, como los distintos formatos en los que estos datos se encuentran, así como las desigualdades que surgen del control de la enfermedad en la población por parte de los distintos países y administraciones complicaban en gran medida, la realización de un trabajo de esas características.

Por ello, y gracias a la finalización de ciertos estudios por parte del Instituto de Salud Carlos III se optó por centrar la investigación en España, en la primera ola epidémica,

tomando como escala de trabajo la provincial al permitir esta unidad administrativa disponer de las fuentes necesarias para el desarrollo de la investigación (Fig. 1.)¹.

Figura 1. Localización de las estaciones meteorológicas de AEMET



Fuente: elaboración propia a partir de AEMET.

3.2. Fuentes de datos

Las fuentes empleadas en el trabajo han sido de cinco tipos: fuentes de vigilancia epidemiológica, información serológica, fuentes cartográficas, climáticas y socio-económicas.

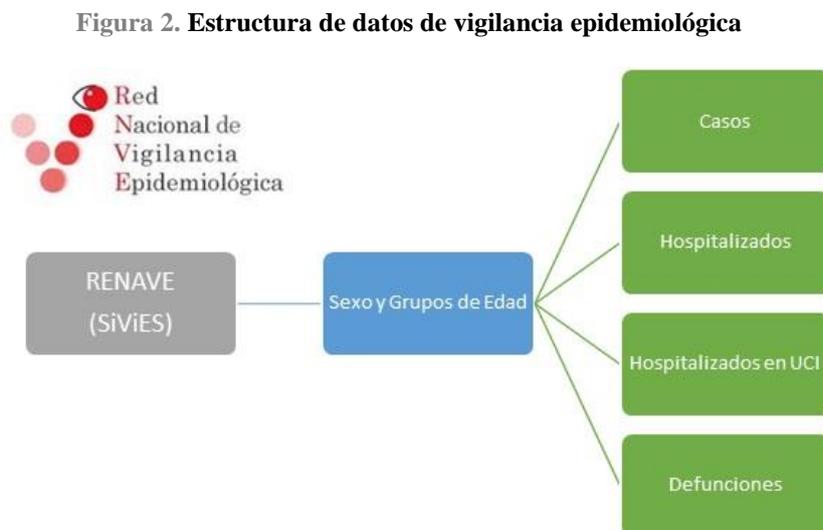
3.2.1. Datos de vigilancia epidemiológica: COVID-SiViES

La primera fuente de datos empleados referentes a casos de COVID-19 se corresponde con las notificaciones realizadas por las Comunidades Autónomas (CCAA) a la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica (RENAVE) a través de la plataforma informática SiViES. Estas notificaciones se realizaron con arreglo a la definición de caso confirmado (por cualquier técnica) o probable (PCR no concluyente) antes del 10 de mayo de 2020. A partir del 11 de mayo todos los casos son PCR positiva o por cualquier otra técnica

¹ Se presenta el mapa provincial de España, el relieve y la ubicación de las estaciones de AEMET empleadas en el trabajo para aquellos lectores de otros países que puedan no conocer bien la geografía española y facilitar la lectura de los resultados.

molecular que se considere adecuada o casos que cumplen criterio clínico, con PCR negativa y resultado positivo a IgM por serología. Esta primera fuente de datos contiene los casos notificados desde el inicio de la pandemia hasta la extracción de los datos del sistema realizada el 09/06/2020 a las 14:00 h.

Los datos fueron recogidos por el RENAVE y cedidos por el ISC-III para realizar un trabajo conjunto entre España y Portugal relativo al impacto espacio-temporal que tuvo la primera ola de COVID-19 en la Península Ibérica (Almendra *et al.*, 2021), tomando como base la incidencia en las regiones NUT III europeas. Es decir, se corresponden con la primera ola de la epidemia, siendo empleados únicamente en este TFG los datos de contagiados y fallecidos por provincias desde el 31 de enero, que se detectó el primer caso en España, hasta el 9 de junio. La información recopilada (Fig. 2) hace referencia al número de casos, número de hospitalizados, número de ingresos en UCI y número de defunciones, para este periodo, estando desglosada la misma por diferentes grupos de edad y género.



Fuente: elaboración propia.

La variación en el número de test realizados por provincias es un factor no considerado en esta fuente lo que incide mucho en el valor obtenido de casos de contagio. Para estos datos, es importante indicar que la información que se obtiene por la vigilancia epidemiológica es distinta a cualquier información obtenida con fines estadísticos ya que se registra en tiempo real, para la toma de decisiones en salud pública y puede resultar incompleta o tener errores o retrasos de notificaciones en diferentes grados (RENAVE, 2021). Por ello, esta información se ha empleado para análisis descriptivo que

fundamentalmente permita ofrecer un diagnóstico absoluto de esta primera ola. Aprovechando la especificidad de esta fuente de datos, se realiza un análisis de los casos atendiendo al género y los grupos de edad. Igualmente se comparan los valores de las hospitalizaciones en planta y en UCI y las defunciones por provincias.

Los valores obtenidos del RENAVE, los cuáles son valores absolutos de contagiados, hospitalizados, hospitalizados en UCI y fallecidos por el virus, a partir de los cuales hemos podido realizar tasas, como puede ser la tasa de defunciones obtenida de la división de los fallecidos entre la población provincial.

3.2.2. Datos serológicos de prevalencia de la enfermedad

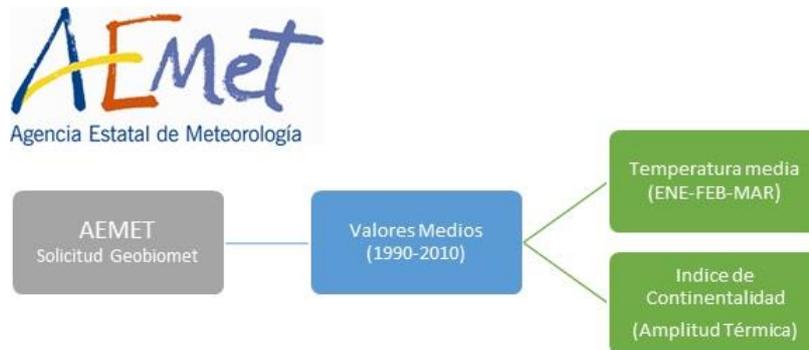
Dada la circunstancia expuesta en el párrafo anterior y dado nuestro interés por conocer la distribución espacial real de la enfermedad, se ha empleado una segunda fuente de datos sobre la prevalencia de la infección durante la primera ola publicada por el Instituto de Salud Carlos III en su informe “Estudio ene-COVID: informe final. Estudio nacional de sero-epidemiología de la infección por Sars-CoV-2 en España” de 6 de julio de 2020. Estos datos responden a un estudio serológico muy riguroso en términos estadísticos, que nos ha permitido tener una foto muy próxima a la realidad del impacto de la enfermedad por provincias para la primera ola. Igualmente, los valores serológicos se han empleado para elaborar las curvas estadísticas de la enfermedad en España y determinar la relación que la enfermedad tiene con otras variables geográficas. Cuando hablamos de seroprevalencia nos referimos a la presencia de anticuerpos de COVID-19 en la población, y lo expresamos en porcentaje de población que presenta anticuerpos tras los test realizados para el estudio.

3.2.3. Variables climáticas

La información climática ha sido facilitada por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) a través de los registros de su red nacional de estaciones meteorológicas. Se ha empleado una estación meteorológica por cada provincia. Las variables empleadas inicialmente han sido la temperatura máxima y mínima diaria. Se ha calculado la media mensual de ambas a partir de una serie temporal de 21 años (1990-2010), atendiendo solo a los tres primeros meses del año, con la intención de lograr una caracterización climática

provincial para este periodo de invierno coincidente con el desarrollo de la primera ola epidémica (Fig. 3).

Figura 3. Estructura de datos meteorológicos



Fuente: elaboración propia.

El acceso a la información climática y los cálculos se realizaron mediante la herramienta ETL-OLAP del grupo Geobiomet de la Universidad de Cantabria (Fernández de Arróyabe, Santurtún y Villar, 2018) a partir de los valores diarios de las temperaturas máximas (TempMáx) y de las temperaturas mínimas (TempMin). A partir de los valores iniciales, para cada provincia, se calculó la media mensual. Es importante indicar que la amplitud térmica se obtuvo a partir de la diferencia entre el valor mensual más bajo de la media de las mínimas y el valor mensual más alto de la media de las máximas de los tres meses de estudio. Los valores ausentes para la provincia de Palencia y de Salamanca han sido rellenados a partir de los valores de las provincias colindantes. La información climática es un tercer tipo de fuente empleada en este trabajo (los datos de temperatura se expresan en °C).

3.2.4. Variables demográficas y socio-económicas

A la hora de escoger las variables socioeconómicas, el Instituto Nacional de Estadística (INE) ha sido la fuente principal. En la selección de las variables se tuvo en cuenta qué relación pueden tener, y en qué medida, con la posibilidad de transmisión del virus y con el desarrollo de la enfermedad. Al tratarse de una enfermedad infecciosa transmisible, y ser la distancia un factor clave en la transmisión, se eligió desde un punto de vista demográfico, la densidad de población. Una segunda variable también seleccionada, por estar habitualmente asociada a la salud y el bienestar en la Geografía de la salud, ha sido la renta per cápita. Las variables demográficas referentes a la estructura de la población

española por grupos de edad y género han sido obtenidas también del INE, con el objetivo de estudiar el impacto de la enfermedad en su primera ola en España por género y distintos grupos de edad, así como también el índice de envejecimiento. La densidad de población expresada en habitantes por km², y datos referentes a renta per cápita por provincia en euros/año. Los datos sobre el índice de envejecimiento han sido también obtenidos del INE, siendo este indicador el porcentaje que representa la población mayor de 64 años, sobre la población menor de 16 años. (Fig. 4).

Figura 4. Estructura de datos demográficos y socioeconómicos



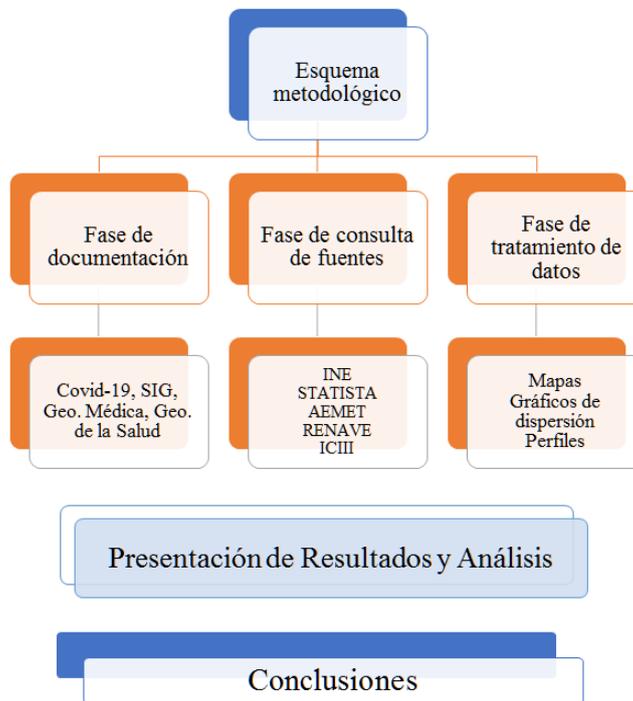
Fuente: elaboración propia.

3.3. Metodología

Para llevar a cabo el trabajo, tras definir los objetivos y el marco de trabajo, se han ido siguiendo una serie de fases. En primer lugar, la fase de documentación, en la que se realizó una búsqueda de artículos que tratasen la relación entre las enfermedades y la Geografía, con el fin de realizar un marco justificativo teórico que reflejase la importancia del tema y la evolución de la interacción entre estos conceptos con un orden cronológico.

Posteriormente me centré en documentos referentes al virus en cuestión y la COVID-19 para clarificar conceptos y describir en términos generales, aspectos clave de la enfermedad. También llevé a cabo una revisión de los artículos referentes a los estudios sobre la enfermedad desde un enfoque geográfico, en los cuales era fundamental el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la gestión de los datos. Una nueva fase consistió en la búsqueda de fuentes de datos epidemiológicos, en su procesamiento y en su presentación de resultados y análisis para lograr llegar a los objetivos previstos (Fig. 5).

Figura 5. Esquema metodológico y fases de trabajo



Fuente: elaboración propia.

La presentación de los resultados se realiza principalmente de forma cartográfica y el estudio estadístico de las relaciones entre las variables geográficas y los valores de seroprevalencia se han realizado a partir de la creación de gráficos de dispersión, los cuales nos permiten ver si existe una relación y su intensidad. Se han empleado también métodos geo-estadísticos de interpolación para generar superficies estadísticas de seroprevalencia que permitan validar algunas de las hipótesis de trabajo. Los métodos aplicados pertenecen a dos grupos, métodos deterministas (IDW) y métodos analíticos (*Kriging*). La obtención de las superficies estadísticas de serología ha sido un paso intermedio para poder crear los perfiles serológicos de la Geografía española en diferentes direcciones, siendo este un resultado novedoso de posible utilidad para la toma de decisiones en la gestión de futuras olas o nuevas pandemias.

Para la realización de los mapas, se han empleado las capas vectoriales obtenidas del Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) y diferentes herramientas técnicas (QGIS y ArcGIS principalmente).

La organización del trabajo presenta diversas escalas de análisis, cada una de ellas con un enfoque metodológico, esto es, una estructura basada en una matriz de doble entrada (Fig. 6) (Pyle, 1977). En este caso se presenta un trabajo con una escala de investigación

a nivel provincial en el ámbito del España, cuyas principales temáticas hacen referencia a la generación de cartografía médica a partir de datos epidemiológicos y a la asociación ecológica, ya que tratamos de establecer una relación entre los distintas variables ambientales y los factores socioeconómicos y el impacto de la epidemia.

Figura 6. Tipo de enfoque del estudio

		TIPO DE ENFOQUE					
		Ecología médica	Cartografía médica	Asociación ecológica	Difusión de la enfermedad	Modelización/ simulación	Estilo de vida
ESCALA DE INVESTIGACIÓN	Internacional						
	Nacional		X				
	Regional		X	X			
	Inter-urbana						
	Intra-urbana						
	Vivienda						
	Individuo						

Principal escala de análisis

Fuente: elaboración propia, adaptado de Pyle, 1977: 679.

4. PRESENTACION DE RESULTADOS

La presentación de resultados comienza una primera descripción basada en los datos del RENAVE atendiendo a la distribución espacial de los casos por género y edad, así como la relación existente entre la tasa de defunciones por el virus y el índice de envejecimiento. Seguidamente se muestran los datos de seroprevalencia de la COVID-19 en España por provincias con el fin de analizar la distribución espacial de anticuerpos del virus durante la primera ola de la pandemia, con la elaboración de mapas a partir de distintos métodos de interpolación. A continuación, se realiza una comparativa de los valores de seroprevalencia con distintas variables de carácter meteorológico y socioeconómico con el fin de extraer resultados que nos ayuden a validar la hipótesis de trabajo planteadas. Para ello se emplean diferentes gráficos de dispersión con las provincias como entidades base y análisis de correlación de Pearson.

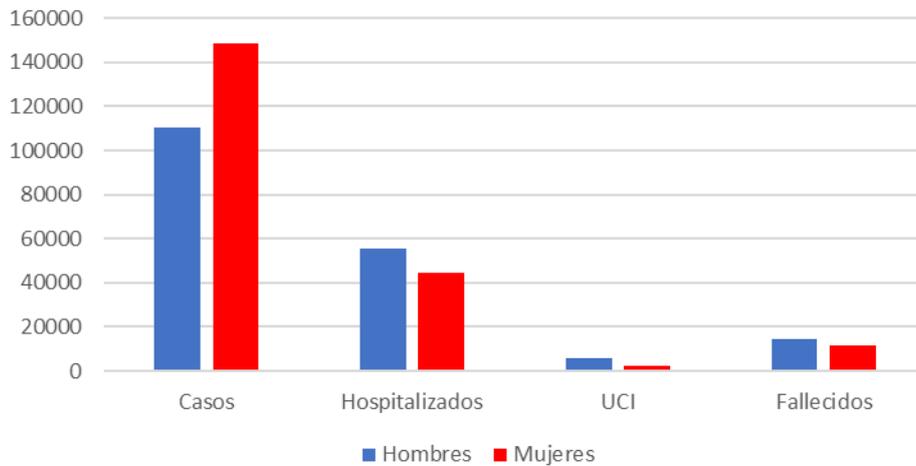
4.1. Análisis descriptivo de los casos por género y grupos de edad

El análisis de la incidencia por género (en valores absolutos) se realiza a partir de la información obtenida del SiViES referente a los casos de contagios, hospitalizados, hospitalizados en UCI y fallecidos por el virus. Como ya he comentado anteriormente, el valor referente a casos de contagio, no es del todo representativo, pero sí lo son el resto de variables. Los casos de contagio en mujeres son superiores a los hombres, teniendo en cuenta la estructura de la población española. Resulta interesante observar como el número de hospitalizados es superior en hombres representando un 55,5% del total, y se agrava en el caso de hospitalizados en UCI, donde los hombres representan un 69,3%. Es decir, que 7 de cada 10 personas hospitalizadas en unidad de cuidados intensivos en la primera ola fueron hombres.

En cuanto a los fallecidos, la cosa se equilibra un poco más, ya que las mujeres pasan a componer un 44,3%, entrando en valores que no resultan significativos, en otras palabras, que fallecen tanto hombres como mujeres casi por igual (Figs. 7 y 8).

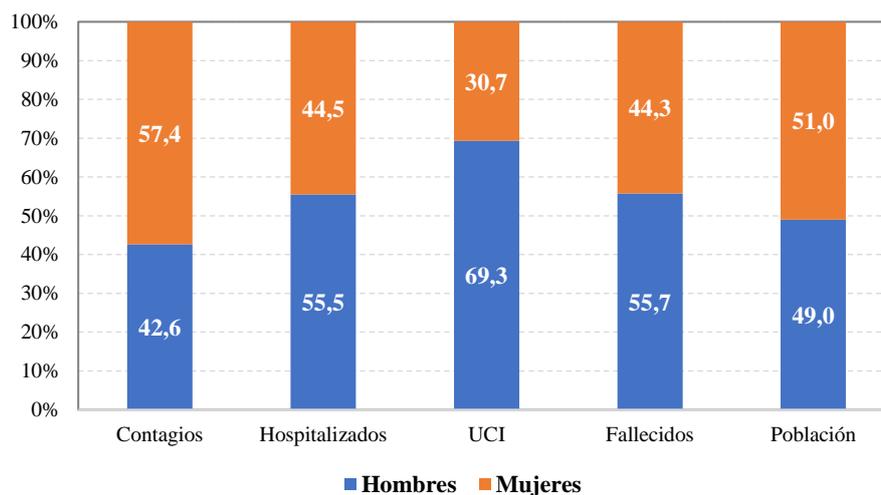
Estas diferencias se pueden llegar a entender, si se realiza un estudio de los estilos de vida que llevan a cabo los hombres y las mujeres, considerando la exposición a diferentes factores de riesgo, que pueden agravar la enfermedad en el género masculino.

Figura 7. Estructura de afectados, por género (en valores absolutos)



Fuente: elaboración propia a partir de RENAVE, 2021.

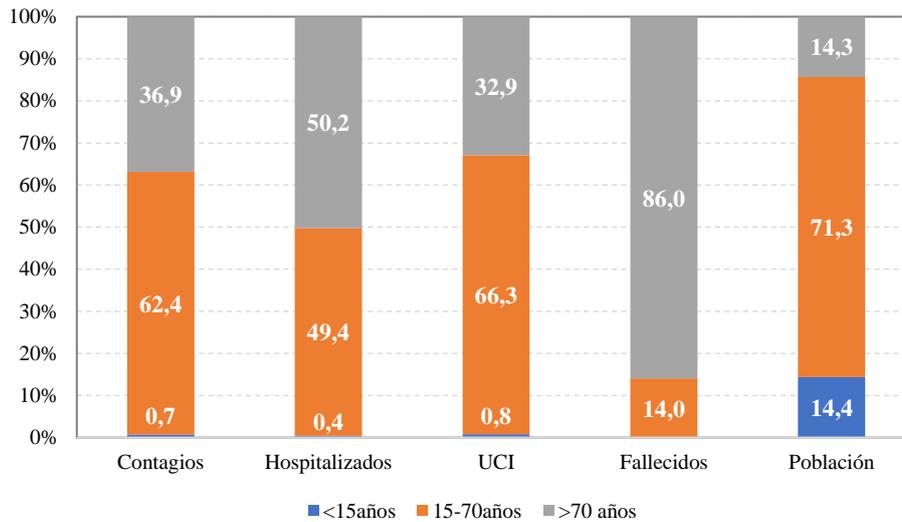
Figura 8. Estructura de afectados, por género y volumen de población (en %)



Fuente: elaboración propia a partir de INE, 2020; RENAVE, 2021.

La estructura de los afectados por COVID-19 por grupos de edad se ha agrupado en tres clases: los menores de 15 años (Grupo A), entre 15 y 70, años (Grupo B) y más de 70 años (Grupo C). Los porcentajes que representan cada grupo son de (A=14,4%), (B=71,3%), (C=14,3%), siendo las características de la población muy diferentes en términos de vulnerabilidad al Sars-COV-2 (Fig. 9).

Figura 9. Estructura de afectados, por grupos de edad (en %)



Fuente: elaboración propia a partir de INE,2020; RENAVE, 2021.

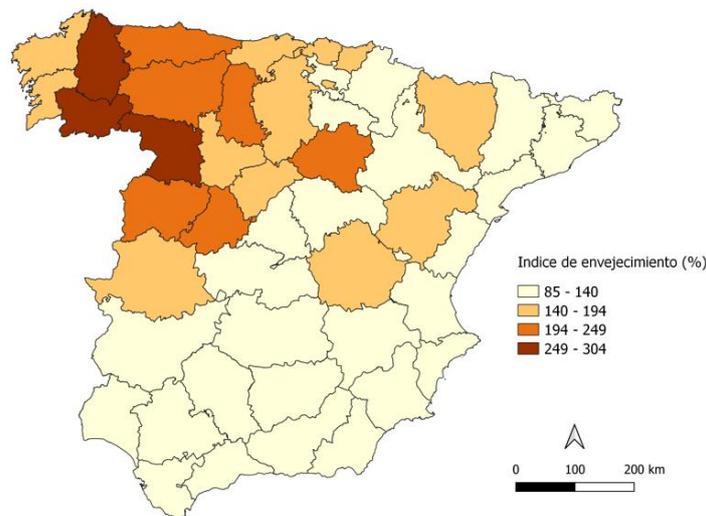
A primera vista ya podemos comprobar que el porcentaje del grupo de menores de 15 años, no llega al 1 % en todos los indicadores. Teniendo en cuenta que este grupo de jóvenes representa el 14,4% de la población española, podemos deducir que el virus afectó en muy poca medida a este grupo de edad, en comparación con el resto de los grupos.

Cuando los porcentajes que representan los grupos de edad en los distintos indicadores son similares a los de la estructura de la población, quiere decir que el virus afecta por igual a los grupos de edad. Cuando los valores de las variables están por debajo del porcentaje de ese grupo (Grupo B) indica que la incidencia sobre ese grupo de población fue menor y cuando es al revés (Grupo C) entendemos que el impacto fue mucho mayor como así sucedió con las personas de mayor edad y, por lo tanto, más vulnerables.

4.2. Índice de envejecimiento y COVID-19

Una variable que me parecía interesante comparar, era el índice de envejecimiento, con el cociente de los fallecidos por el virus y la población provincial, ya que, los grupos de edad más afectados son las personas de la tercera edad, desde casos de contagios, hospitalizados, hospitalizados en UCI y ,sobre todo, en fallecidos. El resultado ha sido el esperado observando como, a mayor índice de envejecimiento, mayor tasa de fallecidos (Fig. 10).

Figura 10. Índice de envejecimiento en la España peninsular, por provincias

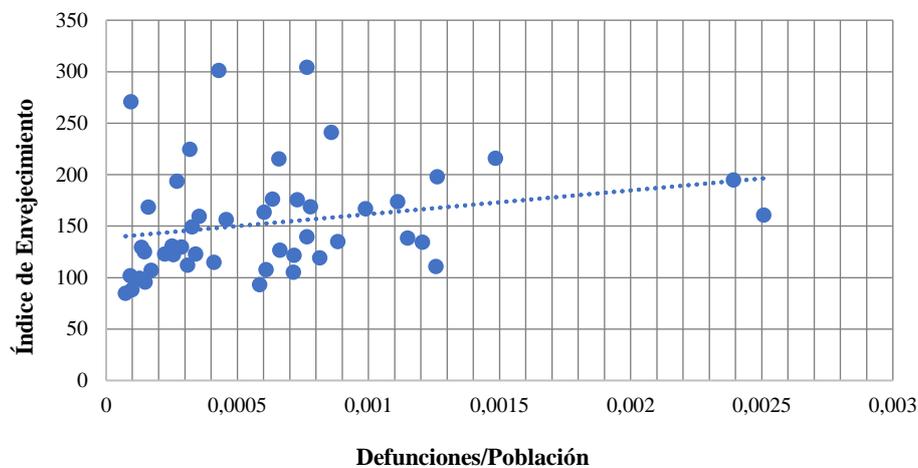


Fuente: elaboración propia a partir de INE, 2019

Se observa cómo provincias con un alto índice de envejecimiento como son Zamora, Ourense y Lugo que no destacan después por tener una tasa de defunciones mayor, en otras palabras, que no siempre se cumple esta relación, pero el conjunto de las provincias forma una línea de tendencia que se caracteriza por ser lo esperado. En términos relativos, si una provincia tiene un porcentaje más elevado de gente adulta, podrá ser más mayor la gravedad del virus, por existir más población adulta que supone un factor de riesgo para el paso por la enfermedad.

Por otro lado, encontramos a Segovia y Soria que presentan una tasa de defunciones muy elevada y sin embargo se encuentran dentro de la media en cuanto a índice de envejecimiento se refiere. En términos de salud pública la vulnerabilidad también depende de la calidad y disponibilidad de recursos y de la prestación de servicios sanitarios disponibles en cada región (Fig. 11).

Figura 11. Correlación entre el índice de envejecimiento, el cociente de las defunciones por COVID-19 y la población provincial



Fuente: elaboración propia a partir de INE, 2019 y RENAVE, 2021.

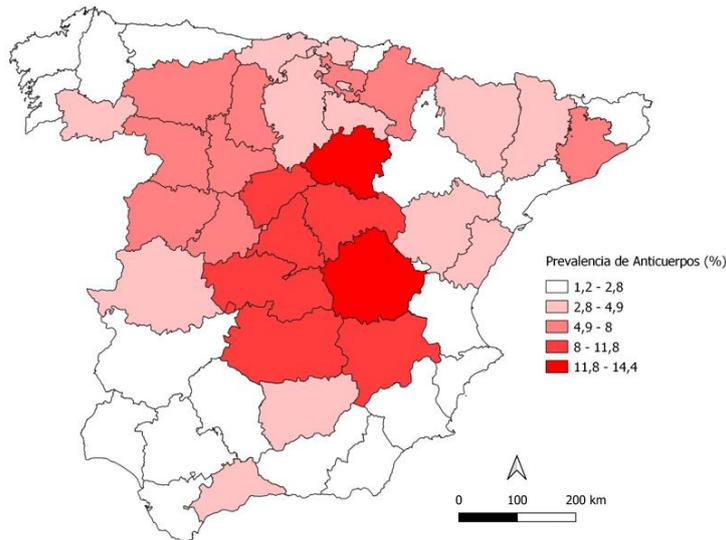
Múltiples estudios determinan que la edad avanzada y la presencia de otras enfermedades de base, también asociadas a la edad, son los principales factores de riesgo que agravan el paso por la enfermedad.

4.3. Análisis descriptivo de datos de seroprevalencia

La distribución espacial del porcentaje de seroprevalencia de anticuerpos de la COVID-19, muestra, a primera vista, como las provincias exteriores que dan al mar registraron los valores más bajos de la presencia de anticuerpos en la población, siendo el valor más bajo el de Huelva con un 1,2% seguido de Murcia y Tarragona con un 1,4% en ambas. La cercanía a la costa es en este sentido un claro factor limitantes del desarrollo de la enfermedad. El informe del ISC-III señala la existencia de *“una marcada variabilidad geográfica con prevalencias inferiores al 2% en Asturias Galicia ó Baleares y valores que rondan o superan el 10% en torno a Madrid”*. Sin embargo no se alude a la presencia de ningún patrón espacial de distribución geográfica del impacto de la enfermedad en la primera ola cuando resulta obvia la misma. A medida que nos acercamos al interior podemos observar cómo los valores aumentan, encontrándonos con una situación más grave en las comunidades autónomas de Castilla la Mancha y de Madrid donde se encuentran los valores más altos del país, seguidas de Castilla y León. Los valores más altos aparecen en Soria, con un 14,4% y Cuenca con un 13,2%.

Un segundo aspecto que cabe destacar es que, de acuerdo con la distribución espacial de los valores de prevalencia (Fig. 12), las provincias que colindan con un mayor número de provincias se caracterizan por tener los valores más elevados mientras que aquellas que colindan con escasas provincias, o con el mar, poseen los valores más bajos.

Figura 12. Prevalencia de anticuerpos Sars-Cov2 en la España peninsular, por provincia

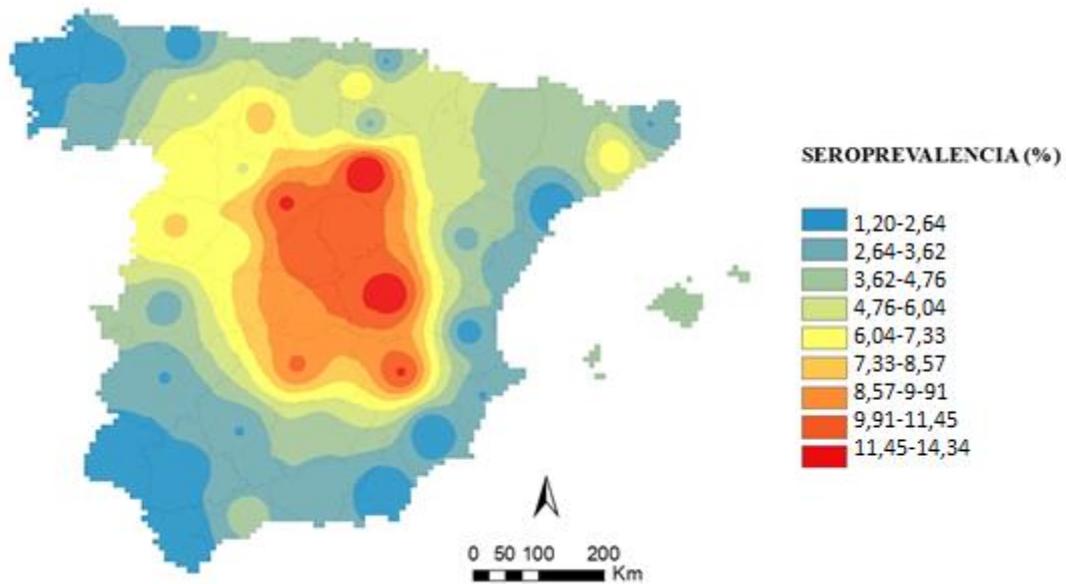


Fuente: elaboración propia a partir de ISCIII, 2021.

La superficie estadística generada mediante el método de interpolación determinista IDW (Fig. 13) confirma que la expresión espacial de los valores de seroprevalencia responde a un patrón general centro-periferia. En este método de interpolación se puede observar como los puntos que representan los centroides de las provincias, los cuales tienen el valor real, es decir, el extraído del estudio del ISCIII, forman los centros de los círculos a partir de los cuáles va variando la seroprevalencia hasta encontrar aquellos puntos en el espacio donde influyen la cercanía de los centroides de otras provincias. El resto de puntos son valores interpolados.

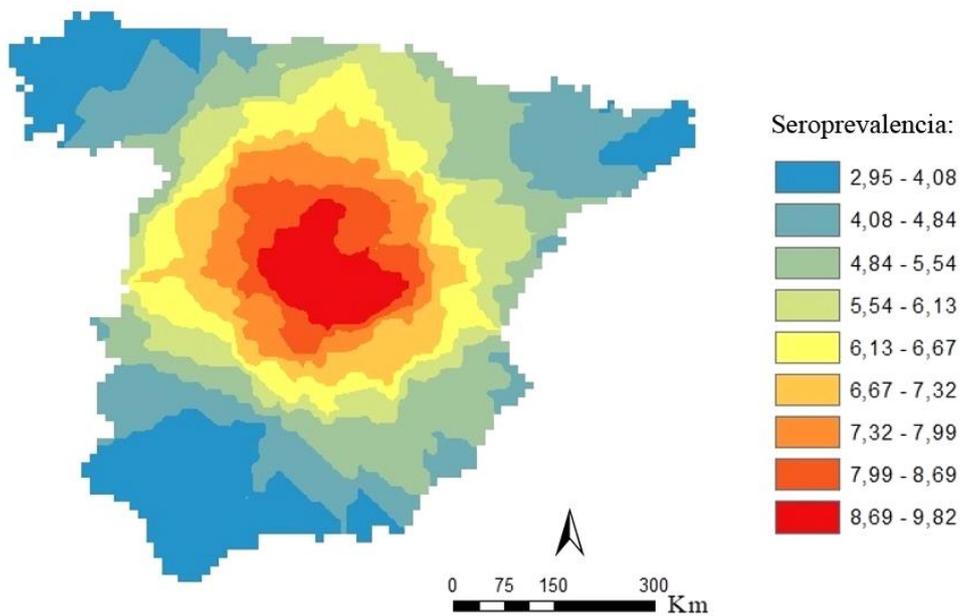
El resultado del uso del método analítico Kriging (Fig. 14) da lugar a un mapa cuyo aspecto principal a destacar es el patrón centro-periferia, como también veíamos en el mapa de interpolación IDW, pero en este caso, la superficie no presenta “ojos de buey”, como en el caso del IDW. Podemos observar el núcleo de mayor seroprevalencia que se forma en el centro del país, cuya seroprevalencia va disminuyendo en forma de círculos concéntricos hacia las costas del país.

Figura 13. Seroprevalencia en España para la primera ola de COVID-19 (en %), interpolado a partir del método IDW²



Fuente: elaboración propia a partir de ISCIII, 2021.

Figura 14. Seroprevalencia en España para la primera ola de COVID-19 (en %), interpolado a partir del método Kriging³



Fuente: elaboración propia a partir de ISCIII, 2021.

² Los valores están agrupados por Natural Breaks (Jenks). El método geoestadístico aplicado ha sido Interpolación con la Distancia Inversa Ponderada (IDW).

³ Los valores están agrupados por Natural Breaks (Jenks). El método geoestadístico aplicado ha sido el Kriging.

4.4. Aspectos atmosféricos y la COVID-19 en España

Existen diferentes investigaciones que defienden la importancia de los factores ambientales, y meteorológicos en el desarrollo de epidemias. En ellos se destacan factores como la temperatura, la radiación solar y la humedad como los factores que más afectan a la supervivencia de los virus respiratorios, que, conjuntamente, pueden condicionar los mecanismos indirectos de contagio cuando el virus es transmisible (Otter *et al.*, 2016; Doremalen *et al.*, 2013; Fdez-Arróyabe *et al.*, 2021), es decir, que influyan en su mayor o menor transmisión.

Algunos virus pueden sobrevivir en superficies contaminadas y su persistencia se ve afectada notablemente por la temperatura y humedad (Hall, Douglas y Geiman, 1980). Esta circunstancia es relevante en espacios interiores, como hospitales, donde se sabe que las superficies son vectores importantes en la transmisión de infecciones en el entorno hospitalario y en la comunidad, habiéndose puesto de manifiesto la importancia de las tareas de desinfección (Brady, Evans y Cuartas, 1990). Es asimismo relevante en espacios exteriores, donde también está demostrada la incidencia de los factores ambientales (Pirtle y Beran, 1991). Y no solo directamente, sino que también el hecho de que se pase más tiempo en espacios cerrados durante el mal tiempo, días fríos o lluviosos, por ejemplo, o el simple cambio de la infectividad del virus ante distintos escenarios climáticos. Desde un enfoque biometeorológico, existen múltiples hipótesis de como los tipos de circulación atmosférica inciden en los procesos epidémicos. Una de esas hipótesis afirma que el estrés biometeorológico (Fernández-Arroyabe, 2021) puede condicionar el desarrollo de la enfermedad respiratorias agudas.

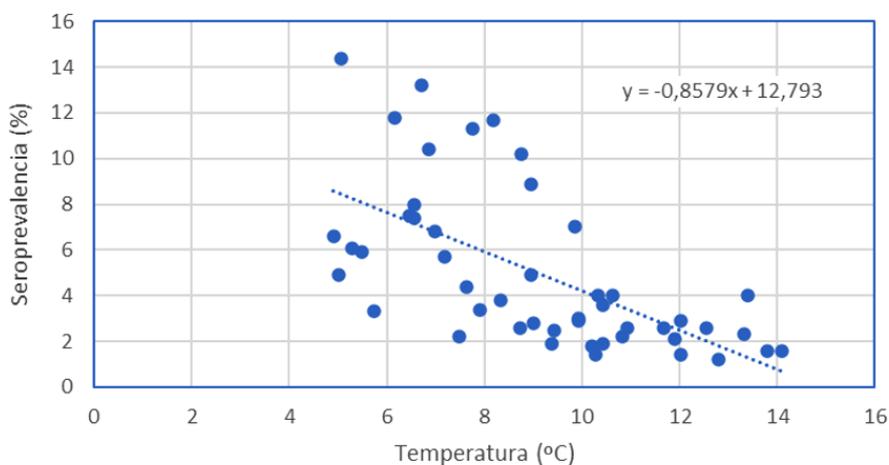
Es interesante ver como a partir de los datos seleccionados se han encontrado relaciones que dan validez a esta teoría para el caso de la primera ola. En este sentido, la existencia en una población, provincia en este caso, de una prevalencia de anticuerpos de COVID-19 mayor que en otra significaría que bien ha acontecido una mayor transmisión o bien ha existido una mayor eficiencia en la misma.

4.4.1. Temperatura y seropositividad

Al analizar la relación que existe entre la temperatura media de un periodo de 21 años, en los meses de enero, febrero y marzo, extraída a partir de la red de estaciones AEMET y el porcentaje de seroprevalencia, obtenido a partir del estudio del ISCIII para la primera

ola epidémica, en el que cada punto se identifica con una provincia, se observa que la línea de tendencia muestra un claro descenso de la seroprevalencia a medida que la temperatura media es mayor (Fig. 15). Es decir, que puede existir una relación entre la temperatura y la transmisión del virus, ya que en aquellos lugares donde la temperatura es mayor, ha existido una menor transmisión o infectividad. Encontramos una relación inversa, en otras palabras, con el aumento de uno disminuye el otro, donde la pendiente de la línea de regresión es negativa.

Figura 15. Correlación entre la temperatura media y la seroprevalencia



Fuente: elaboración propia a partir de AEMET, 1990-2010; ISCIII, 2021.

Esta relación es evidente, y ha sido tratada en numerosos estudios en los que se determina que, en aquellas áreas de temperaturas más bajas, muestran una mayor transmisión de COVID-19 que, en áreas climáticas más cálidas, independientemente de sus condiciones socioeconómicas (Iqbal *et al.*, 2020), aunque existen también estudios en los que no se han encontrado relación.

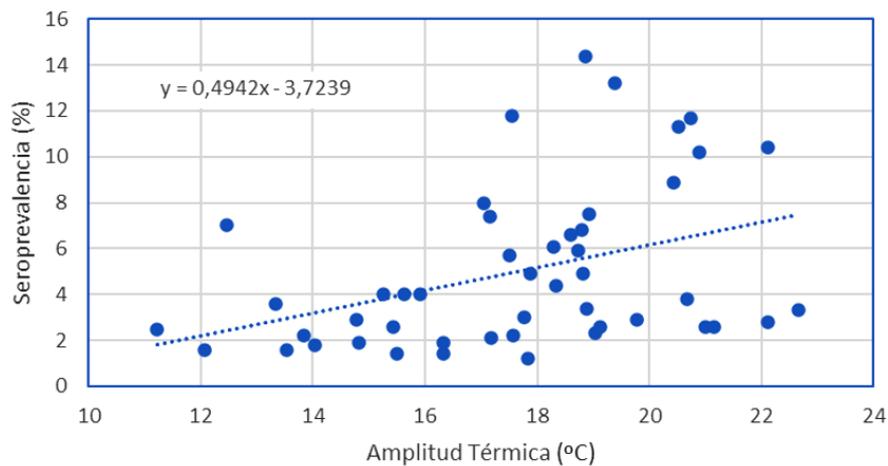
Cabe destacar que las bajas temperaturas están asociadas a enfermedades respiratorias, por ejemplo, en las zonas templadas están asociadas a la estacionalidad. La temperatura no solo afecta directamente, también indirectamente, ya que, en épocas de frío, la población permanece más en espacios cerrados elevando la transmisión por el efecto *crowding* (Cassel, 2017). El uso de la calefacción es otro factor importante ya que altera la humedad de los espacios cerrados, otra variable físico-ambiental que influye en la transmisibilidad del virus (Lowen *et al.*, 2007) (Shaman y Kohn, 2009) y en su desarrollo en vías altas respiratorias principalmente.

4.4.2. Amplitud térmica y seropositividad

Otro indicador meteorológico ha sido la amplitud térmica. Hay varios estudios relativos a las infecciones respiratorias agudas y en concreto a la gripe (Fernández de Arróyabe, 2004) que ponen de manifiesto que el distrés biometeorológico generado por el cambio de temperatura afecta al sistema inmune de la persona. Igualmente hay varios estudios novedosas que trabajan sobre la hipótesis de que la amplitud térmica potencia la agresividad del virus (Fdez-Arróyabe, 2012).

Como se puede observar (Fig. 16) existe una relación directa entre ambas variables, es decir que la amplitud térmica es un factor que eleva el desarrollo de la enfermedad y quizá también la transmisión. La relación no es tan fuerte como en el caso de la temperatura, Pearson $-0,619$ (p value $0,005$) pero obtenemos un valor de casi $0,5$ en la pendiente de la línea de regresión.

Figura 16. Correlación entre la amplitud térmica y la seroprevalencia



Fuente: elaboración propia a partir de AEMET, 1990-2010; ISCIII, 2021.

Esta variable, se podría asociar a la mayor o menor continentalidad del clima de las diferentes provincias, es decir que en el interior de España, existe una mayor amplitud térmica en comparación con la costa, y fue más castigado por la enfermedad en base a los datos de seropositividad considerados.

4.5. Determinantes socioeconómicos y COVID-19 en España

Existen múltiples variables e indicadores que pueden ser asociados al proceso de una enfermedad, a la hora de elegir las variables a relacionar con la COVID-19, se ha tenido en cuenta, aquellas que habitualmente están más claramente asociadas a la prevalencia de enfermedades dentro del marco teórico de la Geografía de la salud. Como muestra de este estudio preliminar se han escogido la densidad de población y la renta per cápita, de las distintas provincias españolas.

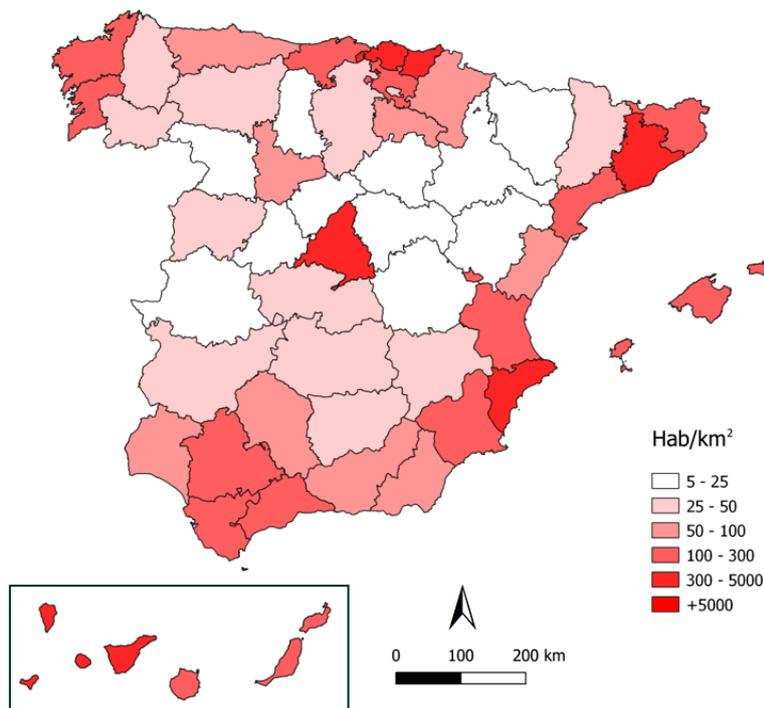
4.5.1. La densidad de población y el COVID-19

La densidad de población parece, que debe ser un factor fundamental que influye de manera notable en la transmisión del virus ya que como se menciona en el artículo *Facing a Second Wave from a Regional View: Spatial Patterns of COVID-19 as a Key Determinant for Public Health and Geoprevention Plans*, las áreas metropolitanas o zonas donde la población está más estrechamente vinculada a través de la economía y relaciones sociales son las más vulnerables ante la pandemia (Cos, Castillo y Cantarero, 2020).

En un primer análisis de la densidad de población por provincias, vemos que las zonas de costa junto con Madrid, ocupan los primeros lugares por su densidad de población, sus altos niveles de actividad económica provocan una mayor cantidad de contactos personales que pueden ocasionar una mayor transmisión (Fig. 17).

Sin embargo, como observábamos en el mapa de seroprevalencia (Fig. 12), las zonas de costa eran las menos afectadas en cuanto a presencia del virus en la población. Por lo tanto, no siempre se cumplen este tipo de reglas que determinan que por tener una mayor densidad de población se produzca una mayor transmisión, exceptuando el efecto de escala de las grandes metrópolis.

Figura 17. Densidad de población en España, por provincias



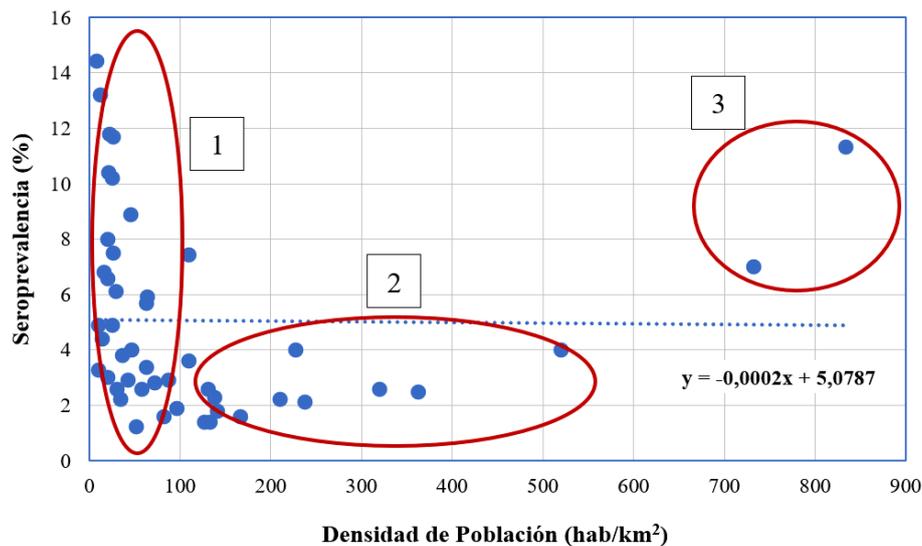
Fuente: elaboración propia a partir de INE, 2021.

Si bien no existe una relación clara entre la densidad de población y la transmisión (Fig. 18), podemos extraer otras conclusiones. Si clasificamos los resultados obtenidos en tres grupos (Fig. 18), vemos que en el Grupo 1, en el que se encuentran aquellas provincias con una densidad de población baja y muy similar, se detectan grandes variaciones en la seroprevalencia: desde Soria con un 14,4% (la que mayor índice presenta) a Huelva con un 1,2%, siendo la densidad de población muy similar.

En el Grupo 2 observamos que para valores muy distintos de densidad de población obtenemos valores muy similares de seroprevalencia, con Vizcaya con la densidad más alta de este grupo con una seroprevalencia de 4%. Cabe destacar que estas provincias que claramente tienen una densidad de población bastante mayor que las provincias del Grupo 1, presentan una seroprevalencia mucho más baja. Hasta ahora las conclusiones que sacamos son que no existe una relación entre densidad de población y seroprevalencia.

Por último, encontramos el Grupo 3, en el que se encuentran las provincias de Madrid y de Barcelona, caracterizadas por una elevada densidad de población, muestran valores por encima de la media nacional de seroprevalencia que es 5,05%.

Figura 18. Correlación entre densidad de población y seroprevalencia



Fuente: elaboración propia a partir de ISCIII, 2021.

Cabe destacar que ya desde el 15 de marzo de 2020, las autoridades competentes establecieron un confinamiento domiciliario en España, y otras medidas basadas en el distanciamiento social, el uso de mascarillas y el rastreo de contagios que lograron en cierta medida mitigar los factores de riesgo que implicaría que en una provincia tenga una mayor densidad que en otra. Es por ello, que es más bien la existencia de contacto social y no la densidad poblacional el aspecto más relevante en términos de contagio. Sería necesario valorar el papel de la densidad de población solo durante el periodo expansivo de la epidemia, es decir, antes de introducir las medidas de control impuestas.

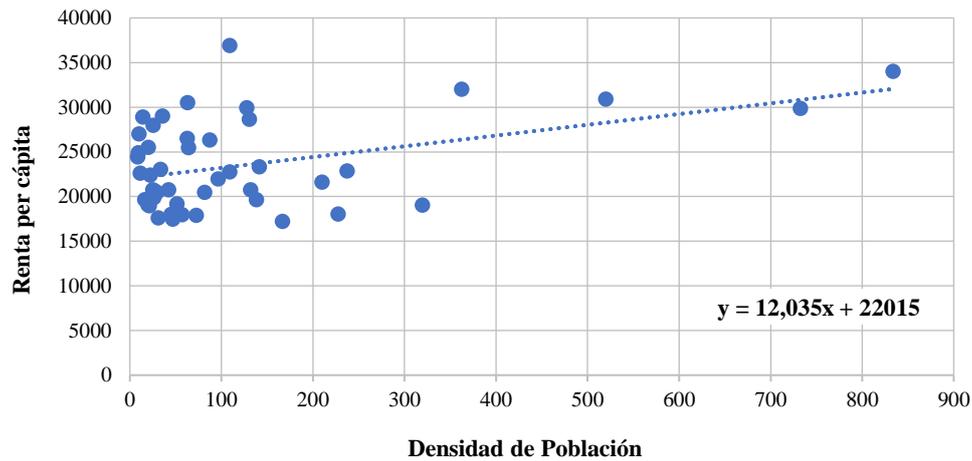
4.5.2. La renta per cápita y el COVID-19 en España

La renta per cápita es un indicador que muestra el rendimiento económico y social de un país, también se utiliza como indicador del bienestar social (Inglehart, 2001). Como hemos comentado antes, los indicadores deben presentar una serie de características, las cuales den fiabilidad y representatividad a la realidad que pretenden mostrar. Tratando la renta per cápita como un indicador de bienestar tienen una serie de inconvenientes, ya que, en los países desarrollados, la relación entre este indicador y calidad de vida se va perdiendo, mientras que en países pobres esta relación es más fuerte (Inglehart, 2001).

Las bajas renta per cápita, están asociadas a una mayor vulnerabilidad en cuanto a la transmisión de ciertas enfermedades, esta relación se ve más clara en países menos

desarrollados. En el caso de España y a nivel provincial, podemos asociar la renta per cápita a una densidad de población más alta y a una actividad económica y social más fuerte, es decir, que al contrario que en países menos desarrollados, la alta renta per cápita se muestra como una vulnerabilidad (Fig. 19).

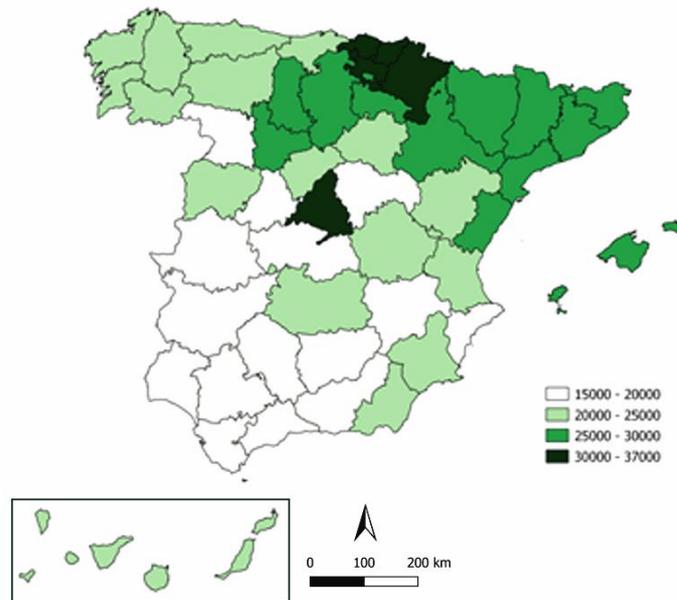
Figura 19. Correlación entre densidad de población y renta per cápita



Fuente: elaboración propia a partir de INE, 2019.

Por lo tanto, aquellas zonas que presenten una mayor renta per cápita, serán zonas más vulnerables a la transmisión del virus, por las relaciones que este indicador tiene con la densidad de población, esto es, el País Vasco, Navarra y Madrid, seguidas de provincias de la zona norte y noreste (Fig. 20).

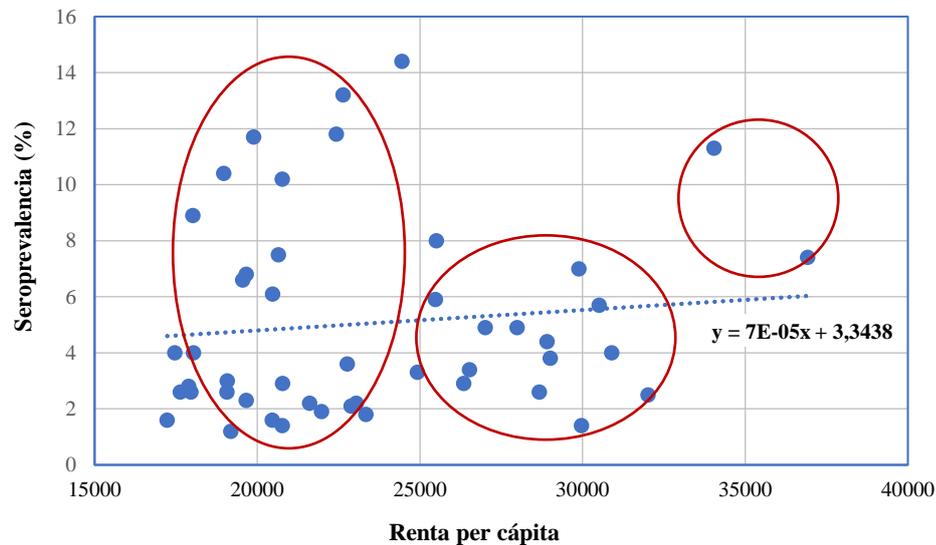
Figura 20. Distribución de la renta per cápita en España, por provincias



Fuente: elaboración propia a partir de INE, 2019.

El análisis comparado de la seroprevalencia y la renta per cápita permite verificar nuestra hipótesis: aquellas provincias con mayor renta per cápita han sufrido una mayor transmisión, es decir, que son más vulnerables a la transmisión del virus (Fig. 21).

Figura 21. Correlación entre la renta per cápita y la seroprevalencia



Fuente: elaboración propia a partir de ISCIII, 2021.

Como podemos observar, existen particularidades, pero en conjunto muestran una línea de tendencia, que muestra la relación directa entre ambas variables. Encontramos tres grupos diferenciados en cuanto a renta per cápita se refiere. En primer lugar, de baja

renta per cápita a alta, encontramos valores de seroprevalencia muy heterogéneos, con unos valores de renta muy similares. Por otro lado, encontramos un grupo de provincias que están por encima de la media en cuanto a renta y se encuentra sobre la media de seroprevalencia, un 5,05%. Por último, nos encontramos con Álava y Madrid con valores de renta muy superiores a la media y también valores superiores a la media en el caso de la seroprevalencia.

4.6. Perfiles geográficos de seroprevalencia

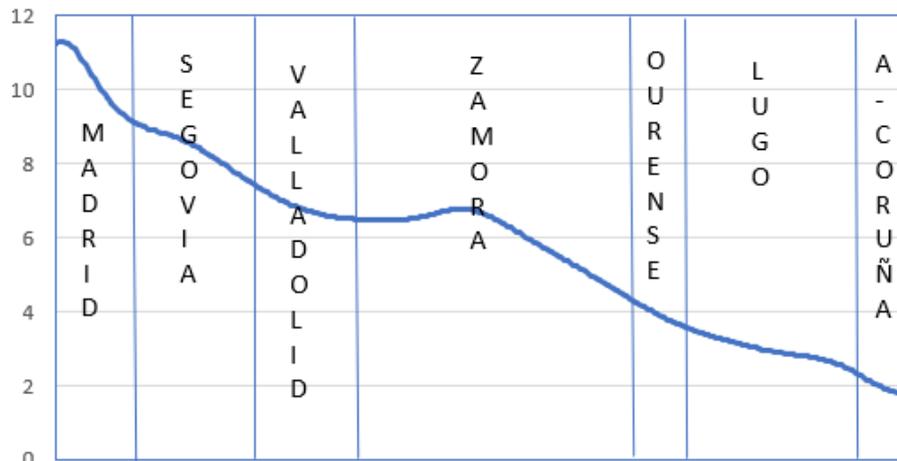
En los siguientes perfiles, se muestra la variación geográfica de la seroprevalencia en líneas rectas que parten desde Madrid en tres direcciones, a modo de ejemplo, hacia Cádiz, A Coruña y Girona. Los datos referentes a los gráficos han sido extraídos a partir de la interpolación IDW. El objetivo es, a partir de una herramienta que ofrecen los SIG, sacar conclusiones de unos resultados.

El perfil indica los distintos niveles de seroprevalencia a los que un viajero se expondría si transitara por las distintas provincias que muestran los perfiles a través de las distintas provincias.

A primera vista podemos observar como el valor de seroprevalencia se reduce según nos movemos del centro a la periferia, lo cual relacionamos directamente con este índice de continentalidad que representa la amplitud térmica, como hemos podido comprobar anteriormente su estrecha relación con la seroprevalencia.

Se observa como varía la seroprevalencia a medida que vamos de Madrid a A Coruña (Fig. 22), pasando de una seroprevalencia de 11,6%, atribuida por la interpolación, a una menor del 2%. Por el camino pasamos por Madrid, Segovia y Zamora con los máximos valores en ese orden, seguidos de Valladolid, Ourense, Lugo y A Coruña, en orden descendente de seroprevalencia. El perfil es descendente en todos los tramos excepto en Zamora donde aumenta ligeramente para seguir bajando.

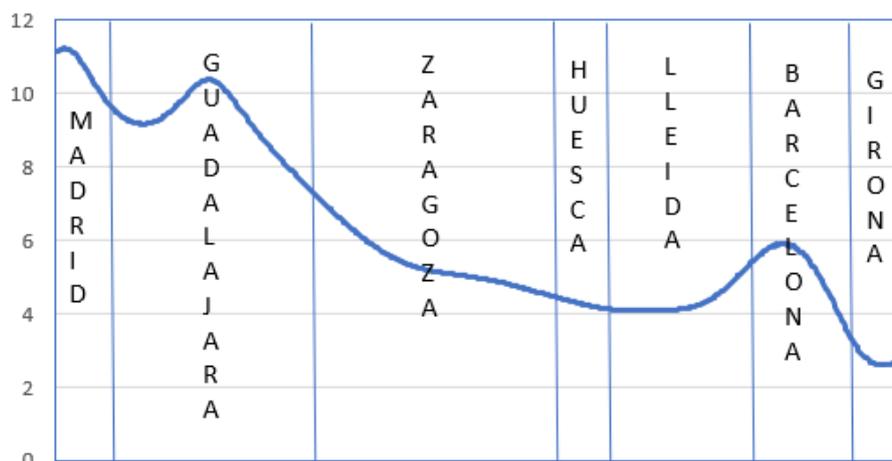
Figura 22. Perfiles de seroprevalencia Madrid - A Coruña



Fuente: elaboración propia a partir de ISCIII, 2021.

El perfil de seroprevalencia que se obtiene de la línea recta que une las provincias de Madrid y Girona, muestra una tendencia a la baja desde el 11,6% de Madrid al casi 3% de Girona. Por el camino nos encontramos, con dos subidas dentro de la bajada general, las cuales se corresponden con las provincias de Guadalajara y Barcelona (Fig. 23).

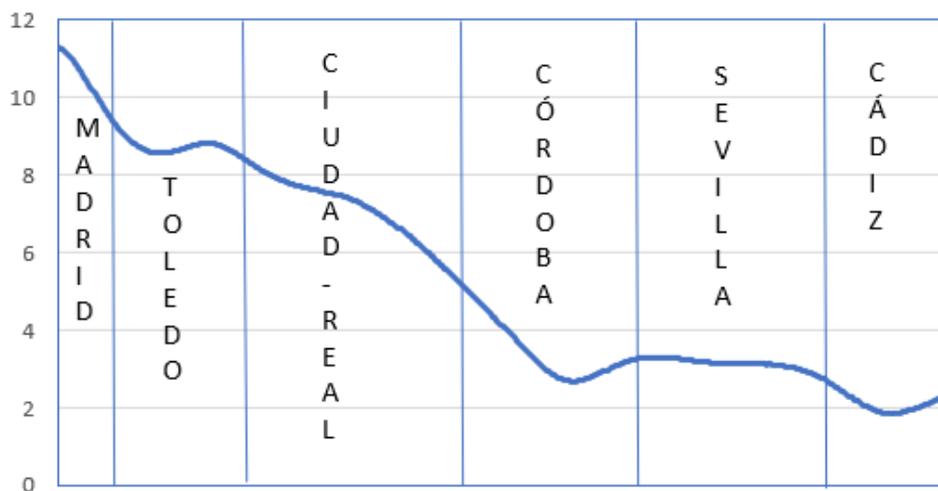
Figura 23. Perfiles de seroprevalencia Madrid - Girona



Fuente: elaboración propia a partir de ISCIII, 2021.

Por último, el perfil de seroprevalencia resultante de la recta que une las provincias de Madrid y Cádiz permite observar también una tendencia a la baja general pasando del 11,6% de Madrid al casi 2,5% de Cádiz. En el camino nos encontramos con una ligera subida en Toledo dentro de la tendencia a la baja general y otra pequeña subida dejando Córdoba y entrando en Sevilla (Fig. 24).

Figura 24. Perfiles de seroprevalencia Madrid - Cádiz



Fuente: elaboración propia a partir de ISCIII, 2021.

5. CONCLUSIONES

Durante la realización del trabajo, al realizar los distintos gráficos y figuras, vas extrayendo una serie de conclusiones, es decir, analizando la información y contrastando con la bibliografía, se van respondiendo a las hipótesis que nos planteábamos anteriormente. Pero también extraemos otro tipo de conclusiones ajenas a los objetivos del trabajo. La recogida y el manejo de datos con su dimensión geográfica se han demostrado cruciales en la gestión de la pandemia, tanto para tomar decisiones informadas por los gestores de la pandemia, como por la transparencia hacia la ciudadanía. Con la llegada de la pandemia, se han derribado barreras a la hora de compartir datos entre fuentes de información, tanto en el sistema sanitario como en el aspecto socio-sanitario.

Entre las conclusiones que responden a las hipótesis planteadas, encontramos:

- La propuesta metodológica realizada, basada en el enfoque ambientalista hipocrático que usa el método geográfico y diferentes aspectos propios de la geografía humana y física como instrumento válido para analizar problemas de carácter epidemiológico ha resultado válida para ampliar nuestro conocimiento del proceso epidémico de la primera ola de la Covid-19 en España.
- La COVID-19 afecta de manera desigual a hombres y mujeres, estas, son las que forman el mayor número de contagios, pero estos llegan a ocupar un mayor porcentaje en hospitalizados, hospitalizados en UCI, equilibrándose en la cifra de fallecidos. Este desigual impacto puede ser debido a que los factores de riesgo a los que se exponen los hombres agravan el paso por la enfermedad.
También afecta de manera desigual a los distintos grupos de edad, siendo las personas mayores las más vulnerables debido a la presencia de factores de riesgo como puede ser la presencia de otras enfermedades.
- Los mapas de seroprevalencia elaborados a partir de los distintos tipos de interpolación, junto con los gráficos de correlación de las variables meteorológicas y seroprevalencia, muestran una clara relación con el índice de continentalidad y la mayor transmisión del virus. Siendo las zonas de interior las que presentan las amplitudes térmicas más altas.
- La densidad de población que parecía tener un papel fundamental en la transmisión del virus ha resultado no tener tanto impacto, quizás debido a que en las fechas en las

que se ubican en el tiempo los datos, corresponden con el confinamiento, las mascarillas y las distintas medidas de distanciamiento social que mitigaron el efecto de esta variable.

- La renta per cápita es considerada por la Geografía de la salud como un aspecto fundamental en la vulnerabilidad ante enfermedades infecciosas transmisibles, sobre todo en países subdesarrollados. Pero en este caso, no es así, ya que a mayor renta mayores niveles de seroprevalencia, quizá relacionado con una mayor actividad económica que genera una mayor movilidad de la población.
- Se ha demostrado la potencialidad que ofrecen el uso de las tecnologías de la información geográfica (perfiles serológicos), para su uso dentro del ámbito de la prevención de enfermedades y salud pública.

Otra de las conclusiones importantes es como la forma con la que se utilizan los datos junto con las distintas herramientas y las técnicas a la hora de obtener un resultado, influyen de una manera importante, en el resultado obtenido. Es decir, que a partir de los mismos datos podemos obtener resultados muy diferentes.

Finalmente, en base a lo realizado, dentro de los futuros desarrollos, encontramos la posible creación de un modelo estadístico avanzado que permita predecir la evolución de la epidemia, determinar aquellas áreas más vulnerables a la transmisión del virus a partir de las relaciones que se han establecido con las distintas variables físicas, sociales económicas y geográficas consideradas, teniendo siempre en cuenta la gran complejidad del problema estudiado.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Localización de las estaciones meteorológicas de AEMET	15
Figura 2.	Estructura de datos de vigilancia epidemiológica	17
Figura 3.	Estructura de datos meteorológicos	18
Figura 4.	Estructura de datos demográficos y socioeconómicos	19
Figura 5.	Esquema metodológico y fases de trabajo.	20
Figura 6.	Tipo de enfoque del estudio	22
Figura 7.	Estructura de afectados, por género (en valores absolutos)	24
Figura 8.	Estructura de afectados, por género y población (en %)	24
Figura 9.	Estructura de afectados, por grupos de edad (en %)	25
Figura 10.	Índice de envejecimiento en la España peninsular, por provincias	26
Figura 11.	Correlación entre el índice de envejecimiento, el cociente de las defunciones por COVID-19 y la población provincial	27
Figura 12.	Prevalencia de anticuerpos de Sars-Cov2 en la España peninsular, por provincia	28
Figura 13.	Seroprevalencia en España para la primera ola de COVID-19 (en %), interpolado a partir del método IDW	29
Figura 14.	Seroprevalencia en España para la primera ola de COVID-19 (en %), interpolado a partir del método Kriging	29
Figura 15.	Correlación entre la temperatura media y la seroprevalencia	31
Figura 16.	Correlación entre la amplitud térmica y la seroprevalencia	33
Figura 17.	Densidad de población en España, por provincias	34
Figura 18.	Correlación entre densidad de población y seroprevalencia	35
Figura 19.	Correlación entre densidad de población y renta per cápita	37
Figura 20.	Distribución de la renta per cápita en España, por provincias	37
Figura 21.	Correlación entre la renta per cápita y la seroprevalencia	38
Figura 22.	Perfiles de seroprevalencia Madrid - A Coruña	39
Figura 23.	Perfiles de seroprevalencia Madrid - Girona	40
Figura 24.	Perfiles de seroprevalencia Madrid - Cádiz	40

BIBLIOGRAFÍA

- Almendra, R.; Santana, P.; Santurtún, A.; Fdez-Arroyabe, P. (2021). COVID-19 Spread in the Iberian Peninsula during the “First Wave”: Spatiotemporal Analysis. In: Akhtar, R. (Ed.). *Coronavirus (COVID-19) Outbreaks, Environment and Human Behaviour. International Case Studies*. New Delhi: Springer. doi:[10.1007/978-3-030-68120-3_16](https://doi.org/10.1007/978-3-030-68120-3_16)
- Brady, M.T.; Evans, J.; Cuartas, J. (1990). Survival and disinfection of parainfluenza viruses on environmental surfaces. *Am J Infect Control*, 18(1): 18-23. doi:[10.1016/0196-6553\(90\)90206-8](https://doi.org/10.1016/0196-6553(90)90206-8).
- Caponi, S. (2002). Entre miasmas y microbios: la vivienda popular higienizada. *Cad. Saúde Pública*, 18(6): 1665-1674. doi:[10.1590/S0102-311X2002000600021](https://doi.org/10.1590/S0102-311X2002000600021)
- Casco Solís, J. (2001). Las topografías médicas: revisión y cronología. *Asclepio*, 53(1): 213-244. doi:[10.3989/asclepio.2001.v53.i1.178](https://doi.org/10.3989/asclepio.2001.v53.i1.178)
- Cassel, J. (2017). Health consequences of population density and crowding. In: Gulman, R. (Ed.). *People and buildings*. London: Routledge: 249-270.
- Cerda, J.; Valdivia, G. (2007). John Snow, la epidemia de cólera y el nacimiento de la epidemiología moderna. *Revista Chilena de Infectología*, 24(4): 331-334. doi:[10.4067/S0716-10182007000400014](https://doi.org/10.4067/S0716-10182007000400014)
- Cos, O. de; Castillo, V.; Cantarero, D. (2020). Facing a second wave from a regional view: spatial patterns of COVID-19 as a key determinant for public health and geoprevention plans. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17(22): 8468. doi:[10.3390/ijerph17228468](https://doi.org/10.3390/ijerph17228468).
- Cos Guerra, O. de; Usobiaga Ferrer, E. (2019). Retos metodológicos para estudiar la vulnerabilidad demográfica y residencial a nivel intraurbano ante los cambios en las fuentes estadísticas habituales. *Scripta Nova*, 23. doi:[10.1344/sn2019.23.21614](https://doi.org/10.1344/sn2019.23.21614)
- Curto, S.I. (2008). De la Geografía Médica a la Geografía de la Salud. *Revista Geográfica*, 143: 9-27. <http://www.jstor.org/stable/40996761>
- Dabanch, J. (2003). Zoonosis. *Revista Chilena de Infectología*, 20(1): 47-51. doi:[10.182003020100008](https://doi.org/10.182003020100008)
- Doremalen, N. van; Bushmaker, T.; Munster, V.J. (2013). Stability of Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) under different environmental conditions. *Eurosurveillance*, 18(38): pii=20590. doi:[10.2807/1560-7917.ES2013.18.38.20590](https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES2013.18.38.20590)

- Fdez-Arróyabe, P. (2012) Influenza epidemics and Spanish climatic domains. *Health*, 4(10A): 941-945. doi:[10.4236/health.2012.430144](https://doi.org/10.4236/health.2012.430144)
- Fdez-Arróyabe, P.; Marti-Ezpeleta, A.; Royé, D.; Santurtún Zarrabietia, A. (2021). Effects of circulation weather types on influenza hospital admissions in Spain. *Int J Biometeorol.*, Special Issue: 1st European Biometeorologists' Meeting. doi:[10.1007/s00484-021-02107-y](https://doi.org/10.1007/s00484-021-02107-y)
- Fernández de Arróyabe Hernández, P. (2004). La variación temporal y espacial de la tasa de gripe en España y su relación con diferentes parámetros atmosféricos durante el período 1997-2002. En: García Codron, J.C.; Diego Liaño, C.; Fernández de Arróyabe Hernández, P.; Garmendia Pedraja, C.; Rasilla Álvarez, D. (Eds.). *El clima entre el mar y la montaña*, IV Congreso de la Asociación Española de Climatología (AEC). Santander: Universidad de Cantabria; AEC: 629-639.
- Fernández de Arróyabe Hernández, P.; Santurtún Zarrabietia, A.; Villar Fernández, A.G. (2018). Los sistemas ETL-OLAP como herramientas de análisis multidimensional en el campo de la Geografía Médica y la Biometeorología. En: López García, M.J.; Carmona, P.; Salom, J.; Albertos, J.M. (Eds.) *Tecnologías de la Información Geográfica: Perspectivas Multidisciplinares en la Sociedad del Conocimiento*, XVIII Congreso Nacional TIG. Valencia: Universitat de València: 881-890.
- Ferreira, M.U. (1991). Epidemiologia e geografia: o complexo patogênico de Max. Sorre. *Cad. Saúde Pública*, 7(3): 301-309. doi:[10.1590/S0102-311X1991000300002](https://doi.org/10.1590/S0102-311X1991000300002)
- Hall, C.B.; Douglas Jr, R.G.; Geiman, J.M. (1980). Possible transmission by fomites of respiratory syncytial virus. *J Infect Dis.*, 141(1): 98-102. doi:[10.1093/infdis/141.1.98](https://doi.org/10.1093/infdis/141.1.98)
- Hernández Rodríguez, J. (2020). Aspectos clínicos relacionados con el Síndrome Respiratorio Agudo Severo (SARS-CoV-2). *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 19(Supl.): e3279. Disponible, en junio de 2021, en: <http://www.revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/3279>
- Huamán-Saavedra, J.J. (2020). La pandemia del COVID-19. *Revista Médica de Trujillo*, 15(2): 53-54. doi:[10.17268/rmt.2020.v15i02.01](https://doi.org/10.17268/rmt.2020.v15i02.01)
- Inglehart, R. (2001). *Modernización y postmodernización. El cambio cultural, económico y político en 43 sociedades*. Madrid: CIS, Colección Monografías, nº 161.
- Iqbal, M.M.; Abid, I.; Hussain, S.; Shahzad, N.; Waqas, M.S.; Iqbal, M.J. (2020). The effects of regional climatic condition on the spread of COVID-19 at global scale. *Sci Total Environ.*, 739: 140101. doi:[10.1016/j.scitotenv.2020.140101](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140101)

- López Lara, E.J.; Posada Simeón, C.; Moreno Navarro, J.G. (2006). Los sistemas de Información Geográfica. *Geoenseñanza*, 11(1): 107-116.
- Larrea Killinger, C. (1997). La cultura de los olores: un acercamiento a la antropología de los olores. Quito: Ediciones Abya-Yala, Colección Biblioteca Abya-Yala. Disponible, en junio de 2021, en: https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1532&context=abya_yala
- Last, J.M. (1988). What is "clinical epidemiology?". *Journal of Public Health Policy*, 9(2): 159-163. doi:[10.2307/3343001](https://doi.org/10.2307/3343001)
- Lowen, A.C.; Mubareka, S.; Steel, J.; Palese, P. (2007). Influenza Virus Transmission Is Dependent on Relative Humidity and Temperature. *PLOS Pathogens*, 3(10): e151. doi:[10.1371/journal.ppat.0030151](https://doi.org/10.1371/journal.ppat.0030151)
- Moreno Jiménez, A. (Dir.) (2001). *Geomarketing con Sistemas de Información Geográfica*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid; Asociación de Geógrafos Españoles.
- Otter, J.A.; Donskey, C.; Yezli, S.; Douthwaite, S.; Goldenberg, S.D.; Weber, D.J. (2016). Transmission of SARS and MERS coronaviruses and influenza virus in healthcare settings: the possible role of dry surface contamination. *J Hosp Infect.*, 92(3): 235-250. doi:[10.1016/j.jhin.2015.08.027](https://doi.org/10.1016/j.jhin.2015.08.027)
- Pérez Abreu, M.R.; Gómez Tejada, J.J.; Dieguez Guach, R.A. (2020). Características clínico-epidemiológicas de la COVID-19. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 19(2). Disponible, en junio de 2021, en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2020000200005
- Pickenhayn, J. (1999). *Fundamentos teóricos de la Geografía de la Salud*. San Juan (Argentina): Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes.
- Pirtle, E.C.; Beran, G.W. (1991). Virus survival in the environment. *Rev Sci Tech. (International Office of Epizootics)*, 10(3): 733-748. doi:[10.20506/rst.10.3.570](https://doi.org/10.20506/rst.10.3.570)
- Pyle, G.F. (1977). International communication and medical geography. *Social Science and Medicine*, 11(14-16): 679-682. doi:[10.1016/0037-7856\(77\)90153-6](https://doi.org/10.1016/0037-7856(77)90153-6)
- Santana, P. (2014). *Introducción a la Geografía de la Salud: territorio, salud y bienestar*. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.

- Shaman, J.; Kohn, M. (2009). Absolute humidity modulates influenza survival, transmission, and seasonality. *Proc Natl Acad Sci USA*, 3, 106(9): 3243-8. doi:[10.1073/pnas.0806852106](https://doi.org/10.1073/pnas.0806852106)
- Toledo Curbelo, G. (2005). Fundamentos de salud pública, 2. La Habana: Ciencias Médicas. Disponible, en junio de 2021, en: <http://files.pmontes-com.webnode.com.ve/200000113-3560d37541/02%20Salud%20Publica%202.pdf>
- Urteaga, L. (1980). Miseria, miasmas y microbios: las topografías médicas y el estudio del medio ambiente en el siglo XIX. *GeoCrítica*, 29. Disponible, en junio de 2021, en: <http://www.ub.edu/geocrit/geo29.htm>

FUENTES

- AEMET (2021). *Redes terrestres de observación meteorológica de superficie*. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).
- ArcMap (2021). *Cómo funciona Autocorrelación espacial (I de Moran global)*. Arcgis. Disponible, en junio de 2021, en: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-statistics-toolbox/h-how-spatial-autocorrelation-moran-s-i-spatial-st.htm>
- CDC (2021). *Pruebas para detectar el COVID-19*. Druid Hills (Georgia): Centers for Disease Control and Prevention. Disponible, en junio de 2021, en: <https://espanol.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/symptoms-testing/testing.html>
- CLÍNICA (2021). *¿Qué es el Coronavirus SARS-CoV-2?*. Barcelona: Clínic Barcelona, Hospital Universitari. Disponible, en junio de 2021, en: <https://www.clinicbarcelona.org/asistencia/enfermedades/covid-19/definicion>
- CNIG (2021). *Centro de descargas*. Madrid: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). Disponible, en junio de 2021, en: <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>
- Data Europa (2021). *Datos del coronavirus de la enfermedad de COVID-19*. Centro europeo para la prevención y control de enfermedades, Portal oficial de datos europeos. Disponible, en junio de 2021, en: <https://data.europa.eu/euodp/es/data/dataset/covid-19-coronavirus-data>

- ELSEVIER (2021). *Coronavirus: centro de información para profesionales y pacientes*. Disponible, en junio de 2021, en: <https://www.elsevier.es/es-coronavirus>
- INE (2019a). *Densidad de población*. Madrid: Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, Instituto Nacional de Estadística INE. Disponible, en junio de 2021, en: <https://www.ine.es/>
- INE (2020b). *Índice de envejecimiento*. Madrid: Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, Instituto Nacional de Estadística INE. Disponible, en junio de 2021, en: <https://www.ine.es/>
- INE (2019c). *Población por grupos de edad y sexo*. Madrid: Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, Instituto Nacional de Estadística INE. Disponible, en junio de 2021, en: <https://www.ine.es/>
- INE (2019d). *Renta per cápita*. Madrid: Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, Instituto Nacional de Estadística INE. Disponible, en junio de 2021, en: <https://www.ine.es/>
- ISCIII (2021). *Grupo ISCIII de Análisis Científico sobre Coronavirus*. Madrid: Gobierno de España, Ministerio de Ciencia e Innovación, Instituto de Salud Carlos III (ISCIII). Disponible, en junio de 2021, en: <https://www.isciii.es/InformacionCiudadanos/DivulgacionCulturaCientifica/DivulgacionISCIII/Paginas/Divulgacion/DivulgacionSemanalPublicacionesCoronavirus.aspx>
- ISGlobal (2021). *Epidemia de COVID-19. Novedades científicas*. Barcelona: Instituto de Salud Global. Disponible, en junio de 2021, en: <https://www.isglobal.org/es/archivo-novedades-cientificas-covid19>
- Ministerio de Sanidad (2021a). *Especial Coronavirus COVID-19*. Madrid: Gobierno de España, Ministerio de Sanidad. Disponible, en junio de 2021, en: https://www.mscbs.gob.es/biblioPublic/publicaciones/recursos_propios/resp/revista_cdrom/Suplementos/coronavirus_covid19.htm
- Ministerio de Sanidad (2021b). *Estrategia de detección precoz, vigilancia y control de COVID-19*. Madrid: Gobierno de España, Ministerio de Sanidad. Disponible, en junio de 2021, en: https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/COVID19_Estrategia_vigilancia_y_control_e_indicadores.pdf
- OMS (2019a). *Brote de enfermedad por coronavirus (COVID-19)*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud (OMS). Disponible, en junio de 2021, en: <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019>

OMS (2019b). *Preguntas y respuestas sobre la enfermedad por coronavirus (COVID-19)*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud (OMS). Disponible, en junio de 2021, en: <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses>

RAE (2020). *Crisis del COVID-19: sobre la escritura de «coronavirus»*. Madrid: Real Academia Española. Disponible, en junio de 2021, en: www.rae.es/noticia/crisis-del-covid-19-sobre-la-escritura-de-coronavirus

RENAVE (2021). *Unidad de Gestión de Datos y Apoyo Metodológico. Plataforma: SiViES*. Madrid: Ministerio de Sanidad, Centro Nacional de Epidemiología, Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica (RENAVE). Disponible, en junio de 2021, en: <https://www.isciii.es/QuienesSomos/CentrosPropios/CNE/Paginas/UnidadGestionDatosApoyoMetodologico.aspx>