

CONSIDERACIONES CLIMÁTICAS DE LA PRIMERA OLA EPIDÉMICA DE LA COVID-19 EN LA PENINSULA IBERICA

Carlos PÉREZ PÉREZ¹, Pablo FERNÁNDEZ DE ARROYABE¹

¹*Departamento de Geografía Urbanismo y Ordenación del Territorio. Universidad
de Cantabria. Santander. España*

cpp287@alumnos.unican.es, fernandhp@unican.es

RESUMEN

La situación pandémica generada por la COVID-19 ha puesto de manifiesto la necesidad de estudiar este tipo de enfermedades desde un enfoque más amplio que el epidemiológico clásico para entender mejor su complejidad. Las variables atmosféricas y el clima pueden desempeñar un papel esencial en la transmisión del virus. Este trabajo estudia el papel que la temperatura y la continentalidad climática han podido tener en la primera ola epidemia registrada en la España peninsular. Para ello se emplean datos provinciales de seroprevalencia y series climáticas de temperatura facilitadas por AEMET. El estudio confirma la relación de la temperatura y de la continentalidad en la distribución geográfica de la seroprevalencia. Esto abre una reflexión importante sobre el papel que las características de las masas de aire que afectan a la Península Ibérica pueden tener en la expansión de epidemias basadas en vectores virales.

Palabras clave: COVID-19, clima, Península Ibérica, Biometeorología.

ABSTRACT

The pandemic situation generated by COVID-19 has highlighted the need to study this type of disease from a broader approach than the classic epidemiological one. In this sense, the atmospheric variables and the different climates can be an important factor to promote the transmission of the virus. This work studies the role that temperature and continental weather may have had in the first epidemic wave registered in the Spanish part of the Iberian Peninsula. The importance of the average temperature in the geographical distribution of seroprevalence is verified, as well as the importance of distance to the sea as aspects clearly associated with the registered seroprevalence rates. This opens an important reflection on the role that the characteristics of the air masses that affect the Iberian Peninsula may have in the spread of epidemics due to virus such as SARS-CoV-2.

Key words: COVID-19, climate, Iberian Peninsula, Biometeorology

1. INTRODUCCIÓN

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 del virus SARS-Cov-2, de los procesos y mecanismos de transmisión y su posible relación con diferentes factores geográficos de índole climática, ambiental, cultural, social o económica. A la hora de responder a esta compleja cuestión, la Geografía y la Biometeorología tienen una larga experiencia gracias a su propia configuración transdisciplinar y multidisciplinar, que parece ser fundamental para resolver incógnitas complejas como la que aquí se presenta.

Existen diferentes investigaciones que defienden la importancia de los factores ambientales, y meteorológicos en el desarrollo de epidemias. En ellos se destacan 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 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). Igualmente es importante 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 se fundamenta en el estrés biometeorológico generado por el contraste atmosférico (Fernández-Arroyabe, 2021) que puede condicionar el desarrollo de enfermedades respiratorias agudas. En este sentido, la continentalidad como característica climática, expresada mediante la amplitud térmica, puede ser una importante amenaza biometeorológica.

El objetivo general de este trabajo consiste en estudiar la distribución espacial de la seroprevalencia geográfica de la COVID-19 en España, durante su primera ola epidémica, con el fin de identificar factores climáticos que puedan explicar su distribución provincial. Este estudio busca analizar la posible relación entre los valores de seroprevalencia del virus en la población española y las variables atmosféricas, principalmente la temperatura, mediante una aproximación bioclimática. Igualmente se pretende evaluar la continentalidad climática como un aspecto clave en la determinación del patrón espacial de la seroprevalencia del virus en la Península Ibérica en su primera ola epidémica con el fin de valorar la utilidad de la amplitud térmica, y la distancia al mar como elementos predictores de los niveles de seroprevalencia en el campo de la prevención de la salud pública en futuras epidemias.

2. FUENTES DE DATOS Y METODOLOGÍA

En primer lugar, desde un punto de vista epidemiológico, 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 definen la enfermedad y que dan lugar a que se realice un test por precaución, sin considerar la sensibilidad y especificidad de los tests (Huamán-Saavedra, 2020). Así mismo, la caracterización climática que atribuimos a cada provincia, es un único valor, que ha de representar a todo el territorio provincial, por lo que ya tenemos ciertas limitaciones o generalizaciones que pueden dar lugar a que la representatividad de la relación no sea tan fidedigna. A pesar de ello, se pueden extraer conclusiones de la relación, y se puede verificar la existencia de la relación entre las variables a partir de la revisión de otros artículos con diferentes metodologías y fuentes de datos.

Los datos empleados en la elaboración de este trabajo se corresponden con datos de seroprevalencia (“Estudio ene-COVID: informe final. Estudio nacional de sero-epidemiología de la infección por Sars-CoV-2 en España” ISCIII) relativos a la COVID-19. La seroprevalencia hace referencia a la presencia de anticuerpos del virus en la población. Estos datos proporcionan una foto fija, probablemente la más fiable, de la realidad del impacto de la enfermedad en la primera ola epidémica, siendo esta la principal razón para su elección en este trabajo. Por ello, 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 las variables climáticas.

Desde un punto de vista atmosférico se ha trabajado con series temporales registradas por la red nacional de estaciones meteorológicas de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) repartidas por el territorio peninsular español. Se ha trabajado a una escala provincial, seleccionando la serie climática de 21 años (1990-2010) para cada estación representada en la figura 1 atendiendo a la disponibilidad de datos existente con la idea de tener una estación por provincia con la serie completa para el periodo mencionado.

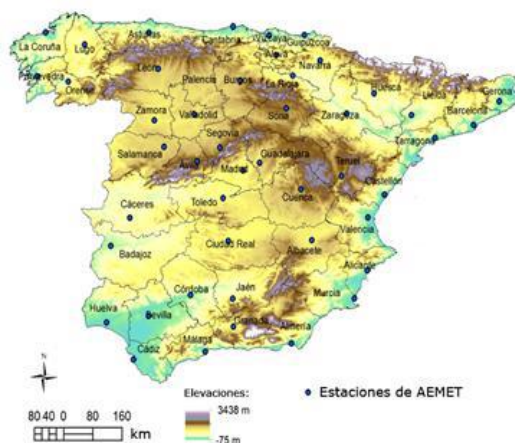


Fig 1: Estaciones meteorológicas de AEMET empleadas en el estudio. Fuente: elaboración a partir de datos del IGN y AEMET

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). Los valores ausentes para la provincia de Palencia y de Salamanca han sido rellenados a partir de los valores de las provincias colindantes. Es importante indicar que la continentalidad como variable climática se expresa mediante la amplitud térmica que se calculó 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 para los tres meses de invierno (enero, febrero y marzo) para el periodo de 1990-2010.

La propuesta metodológica se fundamenta en un enfoque propio de la geografía médica y un enfoque ecológico al orientar el trabajo hacia el estudio de las relaciones entre los datos de seroprevalencia y diferentes variables meteorológicas y climáticas, como se han realizado numerosos estudios que destacan y presentan la influencia de factores meteorológicos en la incidencia del COVID-19 (Valero et al. 2021). Para ello se desarrolla un análisis estadístico basado en la creación de gráficos de dispersión y la generación de superficies estadísticas, los cuales nos permiten ver si existe una relación y su intensidad entre el aspecto climático y el epidemiológico. La obtención de las superficies geoestadísticas de los datos de serología ha sido un paso intermedio para poder crear diferentes perfiles serológicos de la geografía española en diferentes direcciones y su asociación a la idea de continentalidad climática.

Es fundamental la práctica de este tipo de estudios a diferentes escalas (Sera et al. 2021) y con diferentes metodologías, con el objetivo de obtener unos resultados similares y por ello unas evidencias más reales.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. 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, cercanas 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 limitante del desarrollo de la enfermedad en la primera ola. 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”*. En la figura 2 se muestra la distribución geográfica del impacto de la enfermedad en la primera ola epidémica. 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 geográfico que cabe destacar es que, de acuerdo con la distribución espacial de los valores de prevalencia, las provincias que colindan con un mayor número de

provincias se caracterizan por tener los valores más elevados mientras que aquellas que colindan con menos provincias, o con el mar, poseen los valores más bajos.

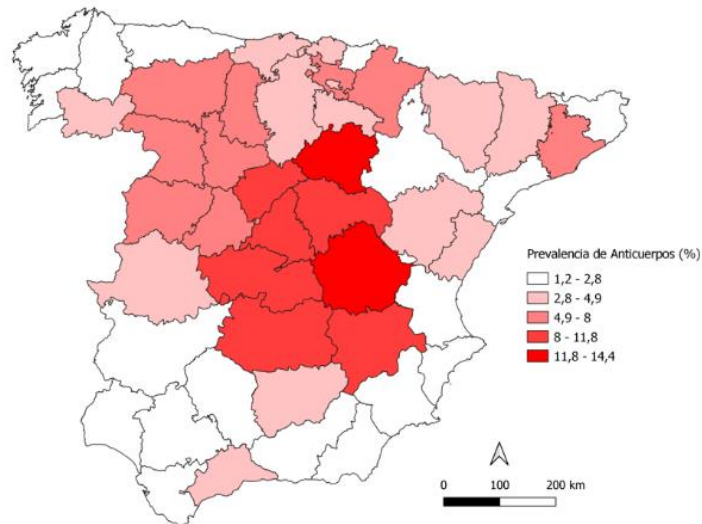


Fig 2: Prevalencia de anticuerpos Sars-Cov2 en la España peninsular, por provincia. Fuente: elaboración propia a partir de ISCIII, 2021.

La superficie estadística presentada en la figura 3 ha sido generada mediante el método analítico *Kriging* a partir de los valores de seroprevalencia provinciales. La imagen que resulta de esta superficie incide aún más en la existencia de patrón centro-periferia que

vinculado a la continentalidad climática y la distancia al mar. Podemos observar cómo, en términos generales, la tasa de seroprevalencia va disminuyendo de forma concéntrica del interior hacia las costas del país o hacia la frontera de Portugal en la parte Este de la Península Ibérica.

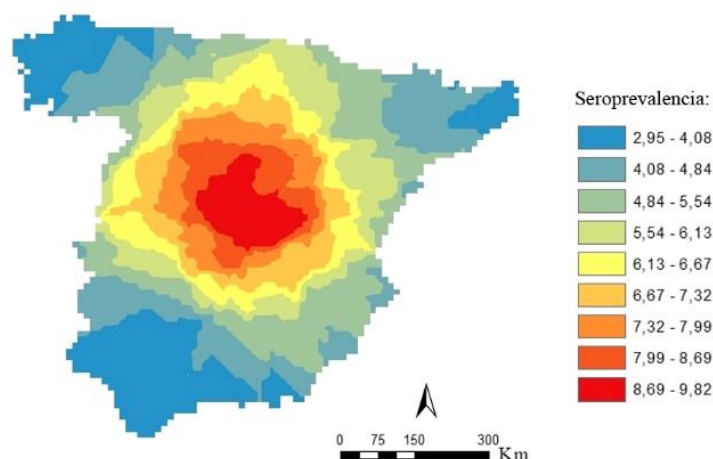


Fig. 3: Superficie interpolada de la Tasa de seroprevalencia (%) Fuente: elaboración propia a partir de ISCIII, 2021.

3.1 Aspectos climáticos de la COVID-19 en España

Al analizar la relación que existe entre la temperatura media de un periodo de 21 años, en los meses de enero, febrero y marzo, y el porcentaje de seroprevalencia para la primera ola epidémica, se muestra un claro descenso de la seroprevalencia a medida que la temperatura media aumenta. Es decir, que puede existir una relación inversa, donde la pendiente de la línea de regresión es negativa, entre la temperatura y la transmisión del virus, ya que en aquellos lugares donde la temperatura es mayor, ha existido teóricamente una menor transmisión o infectividad.

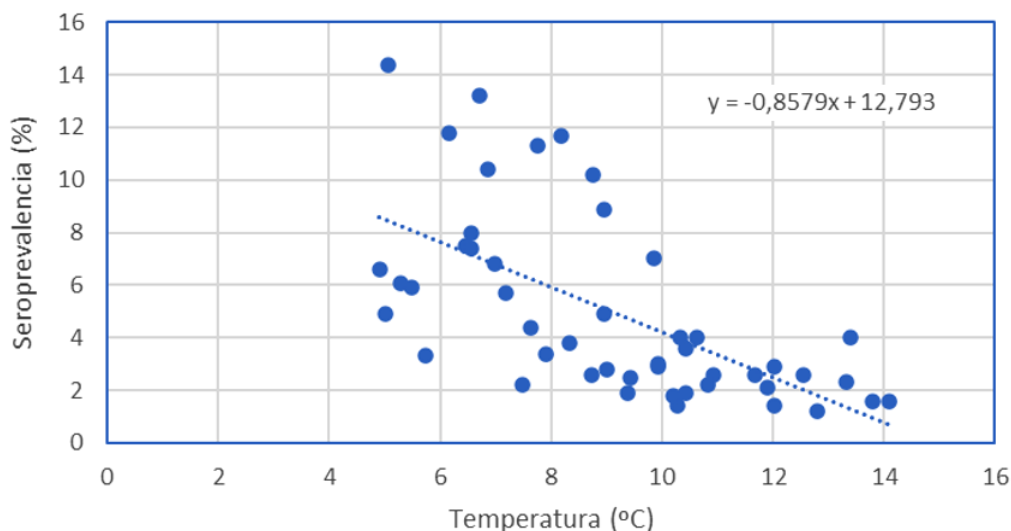


Fig. 4: Correlación entre la temperatura media y la seroprevalencia. Fuente: elaboración propia a partir de AEMET, 1990-2010; ISCIII, 2021.

Esta relación ha sido mencionada y en numerosos estudios en los que se determina que, en aquellas áreas de temperaturas más bajas, muestran una mayor transmisión de la COVID-19, independientemente de sus condiciones socioeconómicas (Iqbal *et al.*, 2020), aunque existen también estudios en los que no se han encontrado la mencionada relación. Cabe destacar que las bajas temperaturas están asociadas a enfermedades respiratorias, que, en las zonas templadas, tienen cierta estacionalidad como la gripe. La temperatura no solo afecta directamente, también indirectamente, ya que, en épocas de frío, la población permanece más en espacios cerrados elevando la probabilidad de 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.

Otro factor meteorológico considerado 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 estrés biometeorológico generado por el cambio de confort térmico afecta al sistema inmune de la persona. De forma complementaria se trabaja en la hipótesis de que la amplitud

térmica potencia la agresividad del virus (Fdez-Arróyabe, 2012) en el momento que el sistema inmune es deprimido a causa del estrés atmosférico.

En el caso que nos ocupa se observa que existe una relación directa entre ambas variables, es decir que la amplitud térmica es un factor que aumenta la tasa de seropositividad de la Covid-19 y por tanto pueda afectar también a la transmisión del virus de acuerdo a los presupuestos previos. La relación en este caso no es tan fuerte como con la temperatura, Pearson $-0,619$ (p-value $0,005$) pero obtenemos un valor cercano a $0,5$ en la pendiente de la línea de regresión.

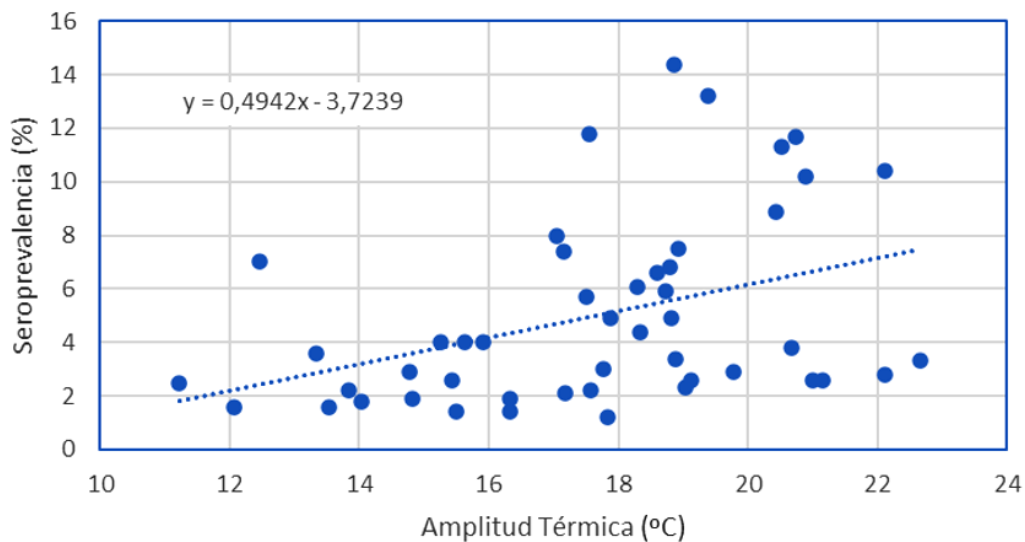


Fig. 5: Correlación entre la amplitud térmica y la seroprevalencia. Fuente: elaboración propia a partir de AEMET, 1990-2010; ISCIII, 2021.

Considerando este indicador climático es posible considerar que la mayor o menor continentalidad de los climas de las diferentes zonas de la Península Ibérica ha sido un factor relevante en la expansión de una epidemia como la de la COVID-19 en su primera ola. Es decir, en el interior de España, en donde existe una mayor amplitud térmica en los meses de invierno en comparación con las zonas de la costa, la tasa de seroprevalencia fue claramente más elevada. Todo ello nos abre la puerta a una serie de hipótesis nuevas que están siendo objeto de estudios específicos en las que se plantea el papel que las características de las masas de aire, marítimas o continentales, puede tener en la transmisión de virus respiratorios (Fdez-Arroyabe et al. 2020) en donde las propiedades salinas de las masas marítimas pueden tener un factor preventivo sobre el contagio y desarrollo de infecciones respiratorias agudas lo que sería una explicación plausible para los resultados obtenidos en este estudio. En esta línea, también se está considerando el papel que las nanopartículas atmosféricas pueden tener como portadoras del virus en los aerosoles contaminados y la carga eléctrica de las mismas en su deposición en el tracto respiratorio (Santurtun et al. 2021), (Fdez-Arroyabe et al. 2021) de las personas en zonas de costa como la ciudad de Santander.

4. CONCLUSIONES

La propuesta metodológica realizada, basada en el enfoque ambientalista hipocrático que usa el método geográfico y diferentes aspectos propios de la geografía física y la biometeorología ha resultado apropiada para ampliar nuestro conocimiento del proceso epidémico de la primera ola de la COVID-19 en España y su relación con aspectos climáticos. La temperatura media de los meses de invierno en la Península Ibérica se encuentra relacionada de forma inversa con las tasas de seroprevalencia de la COVID-19 en su primera ola epidémica, si bien los mecanismos biofísicos por los que este factor climático determina una mayor tasa en la población son todavía desconocidos. La explicación clásica es la del *crowding* asociado al frío en las zonas templadas del planeta si bien no es totalmente aceptable ya que hay resultados contradictorios en ese sentido.

El análisis estadístico muestra una clara relación entre la continentalidad climática (distancia al mar) y la transmisión del virus, siendo las zonas de interior de la Península, más continentales, las que presentaron una mayor seroprevalencia. Una explicación plausible es la del efecto que el estrés biometeorológico puede tener, de forma sincrónica, sobre el hospedador y el virus mientras que, por otro lado, en base a los resultados se supone la existencia de un rol protector que ciertas masas de aire pueden desempeñar ante la infección, sobre todo las cargadas de aerosoles marinos. Finalmente, dentro de los futuros desarrollos, encontramos la posible creación de un modelo estadístico avanzado que permita determinar aquellas áreas más vulnerables a la transmisión del virus a partir de las relaciones que se han encontrado incorporando con otras variables físicas, sociales económicas y geográficas, teniendo siempre en cuenta la gran complejidad del problema estudiado.

REFERENCIAS

- AEMET (2021). Redes terrestres de observación meteorológica de superficie. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).
- 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).
- Cassel, J. (2017). Health consequences of population density and crowding. In: Gulman, R. (Ed.). *People and buildings*. London: Routledge: 249-270.
- 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>
- 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>

- 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 Zarrabeitia, 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)
- Fdez-Arroyabe P, Salcines Suárez CL, Nita IA, et al. (2020) Electrical characterization of circulation weather types in Northern Spain based on atmospheric nanoparticles measurements: A pilot study. *Sci Total Environ* 704 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135320>
- Fdez-Arroyabe, P., Salcines, C., Kassomenos, P., Santurtún, A., Petäjä, T., (2021) Electric charge of atmospheric nanoparticles and its potential implications with human health. *Sci. Total Environ.* 152106 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152106>
- 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 Zarrabeitia, 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.
- 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)
- 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)
- 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)
- 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>

- 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)
- 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)
- 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)
- 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>
- Santurtún, A., Colom, M.L., Fdez-Arroyabe, P., Real, Á. del, Fernández-Olmo, I., Zarrabeitia, M.T., 2021. Exposure to particulate matter: Direct and indirect role in the COVID-19 pandemic. *Environ. Res.* 112261. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2021.112261>
- Sera, F., Armstrong, B., Abbott, S., Meakin, S., O'Reilly, K., von Borries, R., ... & Lowe, R. (2021). A cross-sectional analysis of meteorological factors and SARS-CoV-2 transmission in 409 cities across 26 countries. *Nature communications*, 12(1), 1-11.
- 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)
- Valero, C., Barba, R., Marcos, D. P., Puente, N., Riancho, J. A., & Santurtún, A. (2021). Influencia de los factores meteorológicos en la incidencia de COVID-19 en España. *Medicina Clínica*.