



INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA INCIDENCIA ACUMULADA SEMANAL DE COVID 19 EN LAS PROVINCIAS ESPAÑOLAS.

**Fernando Miramón Pérez-Moliner¹, Javier Lozano García, Dolores García Arcal, Silvia Tejero Enci
 Bibiana Carreira González, Sonia de las Fuentes Galán.**

**Servicio de Medicina Preventiva y Salud Pública, Hospital Universitario de Burgos.
 Burgos, España.**

¹ Médico Interno Residente

Email: fmiramon@saludcastillayleon.es

Rev Electron Biomed / Electron J Biomed 2023;1:7-17.

Comentario de la revisora Dra. M^a del Carmen Pacheco Martínez. Jefe de Servicio de Epidemiología. Dirección General de Salud
 Consejería de Sanidad de la Junta de Castilla y León, Valladolid, España.

Comentario de la revisora Dra. Belén Berradre Sáenz. Médico especialista Medicina Preventiva y Salud Pública. Dirección General de
 Salud Pública, Consumo y Cuidados. Servicio de Epidemiología y Prevención sanitaria. La Rioja. España.

RESUMEN

La COVID 19 ha supuesto un antes y un después en el análisis y la respuesta ante las enfermedades infecciosas. Desde la declaración de la pandemia por la Organización Mundial de la Salud y la aparición de los primeros casos en Europa y en España, muchos han sido los intentos por caracterizar la enfermedad y su transmisibilidad. La temperatura es uno de los factores que ha sido muy estudiado en posible relación e influencia sobre la incidencia acumulada.

Se propuso analizar la relación entre temperatura máxima y mínima con la incidencia semanal de COVID 19 en las diferentes provincias españolas en el periodo del 3 de marzo de 2020 al 31 de diciembre de 2021. Para ello se utilizó un modelo lineal generalizado de mixtos y se hicieron dos modelos, uno para la temperatura máxima y otro para la temperatura mínima. Los resultados obtenidos indican que existía una relación negativa entre ambas variables por separado con la incidencia acumulada semanal de COVID 19. No fueron tenidos en cuenta factores que pudieron influir en los datos de incidencia acumulada como el número de test diagnósticos utilizados, la edad o las distintas medidas aplicadas en función del territorio correspondiente.

La intención del estudio no fue inferir causalidad, sino investigar una posible asociación que ayudase, junto con la realización de estudios más robustos, a las autoridades sanitarias a comprender mejor la transmisibilidad de la COVID 19 y así, en el futuro, poder adelantarse a nuevas olas de la pandemia.

PALABRAS CLAVE: pandemia, transmisión, España, factores meteorológicos, estacionalidad.

ABSTRACT: COVID-19 has marked a significant turning point in the analysis and response to infectious diseases. Since the World Health Organization declared the pandemic and the first cases appeared in Europe and Spain, there have been numerous efforts to characterize the disease and its transmissibility. One of the factors extensively studied for its potential relationship and influence on the cumulative incidence of COVID-19 is temperature.

This study aimed to analyze the relationship between maximum and minimum temperatures and the weekly incidence of COVID across different Spanish provinces from March 3, 2020, to December 31, 2021. A generalized linear mixed-effects model was employed with two separate models created: one for maximum temperature and one for minimum temperature. The results indicated a negative relationship between each of these variables and the weekly cumulative incidence of COVID-19. Factors that could influence the cumulative incidence data, such as the number of diagnostic tests used, age, or the different measures applied depending on the corresponding territory, were not taken into account.

The intention of the study was not to infer causality, but to investigate a possible association that, together with the performance of more robust studies, could help health authorities better understand the transmissibility of COVID-19 and thus, in the future, be able to anticipate new waves of the pandemic.

KEY WORDS: pandemic, transmission, Spain, meteorological factors, seasonality

ABREVIATURAS UTILIZADAS:

- OMS (Organización Mundial de la Salud)
- ECDC (Centro Europeo para la Prevención y Control de las Enfermedades)
- CNE (Centro Nacional de Epidemiología),
- SARS-CoV-2 (severe acute respiratory syndrome coronavirus 2)
- MERS-CoV (Middle East respiratory syndrome coronavirus)
- CCAA (Comunidades Autónomas)
- IA (Incidencia Acumulada)
- INE (Instituto Nacional de Estadística)
- AEMET (Agencia Española de Meteorología)
- RENAVE (Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica)
- SIVIES (Sistema de Vigilancia en España)
- PCR (reacción en cadena de la polimerasa)

INTRODUCCION

El 31 de diciembre de 2019 las autoridades sanitarias de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en China fueron notificadas de un brote de casos de neumonía viral de etiología desconocida en la ciudad de Wuhan, perteneciente a la provincia de Hubei. Se trataron de 44 pacientes, 11 de ellos graves. El 12 de enero de 2020 la OMS ya disponía de la secuenciación genética del SARS-CoV-2, y disposición de los diferentes países para poder llevar a cabo diagnósticos específicos del nuevo virus mediante la técnica de la reacción en cadena de polimerasa (PCR)^{1,2}. Los primeros casos confirmados fuera de China fueron notificados en Tailandia, Japón y República de Corea, todos ellos relacionados con Wuhan³.

En Europa, los primeros casos confirmados aparecieron en Francia el 24 de enero del 2020. En su reporte del 26 de enero, el European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) consideraba como moderada la probabilidad de que hubiera más casos importados desde China por parte de los países de la Unión Europea (UE) y como baja la probabilidad de aparición de casos secundarios si se seguían las recomendaciones en cuanto a control y prevención de la enfermedad⁴.

El 11 de marzo de 2020 la COVID-19 fue caracterizada por la OMS como una pandemia. El ECDC declaraba el mismo día que la mayoría de los casos desde finales de febrero procedían ya de fuera de China con un aumento producido fundamentalmente en países de la UE y Reino Unido. Para esa fecha, había declarado un total de 17.413 casos en Europa y para el ECDC ya existía una transmisión comunitaria sostenida, poniendo en riesgo la capacidad asistencial de hospitales y centros sanitarios⁴.

En España, el 11 de febrero de 2020 se publicaba el primer "Informe COVID-19" por parte del Centro Nacional de Epidemiología e Instituto de Salud Carlos III, en que se caracterizaban los dos primeros casos confirmados en el país. La situación había continuado empeorando en todo el mundo y se iban tomando medidas de contingencia en los diferentes países, desde recomendaciones en cuanto al distanciamiento social y uso de mascarilla hasta confinamientos domiciliarios. El 14 de marzo de 2020 fue declarado el Estado de alarma. En ese momento, ya habían sido confirmados más de 4.000 casos a lo largo de todas las Comunidades Autónomas (CCAA)⁵. Desde ese momento hasta la actualidad, se han notificado en España más de 10 millones de casos confirmados de COVID 19, así como más de 95.000 fallecimientos, teniendo en cuenta todos los grupos de edad⁶.

La rápida transmisión de la COVID 19 ha sido uno de los principales motivos de preocupación e investigación para los científicos desde el comienzo de la pandemia. Una vez probada la transmisión de persona a persona, la evidencia acumulada permitió identificar la transmisión respiratoria mediante gotas como la principal, así como también la transmisión mediante aerosoles (lo cual ha sido motivo de discusión durante meses)⁷. Este hecho junto a que las personas asintomáticas o poco sintomáticas eran igualmente capaces de transmitir el virus, dificultado enormemente el control de la pandemia por parte de las autoridades sanitarias competentes.

Hechos como la aparición de nuevas variantes del virus, la ausencia de un tratamiento efectivo frente a la enfermedad grave o la posibilidad de reinfección, todo ello unido a las importantes consecuencias económicas y sociales, que han conllevado las duras medidas restrictivas que han tenido que tomarse, han provocado que conseguir anticiparse a la próxima onda epidémica sea uno de los retos principales de las autoridades sanitarias de todo el mundo.

En España se produjeron desde marzo de 2020 seis ondas epidémicas de COVID 19. La primera de ellas tuvo lugar entre marzo y abril del 2020⁹. En ese momento se realizó el primer estudio poblacional de seroprevalencia de COVID 19 desarrollado a nivel nacional (COVID). Se pudo observar, entre otras muchas cosas, que en las provincias de interior la seropositividad para COVID 19 era, por mucho mayor que en las provincias de la costa¹⁰. La segunda y la tercera ola tuvieron la peculiaridad de solaparse en algunas de las provincias debido a las diferentes medidas restrictivas que estaban activas en ellas. Tuvieron lugar entre julio de 2020 y febrero de 2021. Durante abril y mayo del 2021 tuvo lugar la cuarta ola, la quinta entre julio y septiembre de 2021 y la sexta ha tenido lugar entre los últimos meses de 2021 y los primeros de 2022⁹. El acontecimiento más importante y que más ayudó a disminuir el impacto de la

enfermedad más allá de la primera y segunda ola fue la llegada de las vacunas frente a la COVID 19, hecho que tuvo lugar en diciembre del 2020¹¹.

Uno de los parámetros que más ha servido de guía para la toma de decisiones de las autoridades sanitarias ha sido la utilización de la Incidencia Acumulada (IA) de nuevos casos confirmados de COVID 19 a 7 o 14 días. A lo largo de la pandemia ha habido diferencias importantes en estos indicadores entre los diferentes países e incluso entre regiones de un mismo país, lo que ha provocado el planteamiento de muchas preguntas acerca de posibles factores externos que hayan influido en el aumento o disminución de la transmisión de la COVID 19. Aquellos países que tomaron medidas más restrictivas y dirigidas al control y aislamiento de casos, cuarentena de los contactos fueron los que consiguieron doblegar la curva de la primera ola en menos tiempo¹². Medidas tales como el cierre de recintos públicos, cierre o limitaciones en las fronteras e incluso confinamientos tuvieron que ser llevadas a cabo por parte de algunos países (como España) para controlar la transmisión comunitaria de la COVID 19.

Hay varios factores que han sido tenidos en cuenta a la hora de evaluar posibles causas de aumento o disminución en la transmisión de la COVID 19, como por ejemplo la calidad del aire, factores socioeconómicos o factores meteorológicos tales como temperatura y humedad¹³. La finalidad no ha sido hallar causalidad directa, sino una relación positiva o negativa que ayude a explicar o definir patrones de transmisión de la enfermedad y, en un futuro, servir de apoyo a la hora de plantear la COVID-19 como una posible enfermedad estacional y, así, más predecible.

Es sabido que históricamente diferentes virus y enfermedades infecciosas han presentado una estabilidad diferente en función de factores como la temperatura, el pH o la radiación ultravioleta¹³. El SARS-CoV-2 ha presentado una elevada estabilidad a bajas temperaturas, algunos estudios, pudiendo sobrevivir en cultivos celulares durante 7 días a temperaturas de 22,5°C, mientras que solo sobrevivía cuando la temperatura era de 37°C. En ese mismo estudio, se podía observar que el SARS-CoV-2 obtenido de una muestra de un contagiado era inactivado a altas dosis de radiación ultravioleta¹³. En una revisión sistemática de 62 estudios que analizaba la relación entre la COVID 19 y factores medioambientales en diferentes países a lo largo de todo el mundo se observó que, aunque hubiera diferencia entre las variables climáticas, unidades de tiempo y métodos de análisis utilizados, muchos de ellos reflejaban una asociación positiva entre la temperatura y una disminución en la transmisión de la COVID 19¹³. Por otro lado, otro estudio resaltó la importancia de la relación indirecta entre los factores climatológicos y la transmisibilidad de la COVID 19. Las temperaturas más cálidas llevaban a la gente a relacionarse en exteriores, con lo que el riesgo de contagio disminuiría considerablemente. Por el contrario, temperaturas bajas animarían a la gente a permanecer en espacios cerrados, lo que aumentaría las probabilidades de contagio¹⁴. Otro estudio a nivel mundial analizó las diferencias en la IA y mortalidad de casos de COVID 19 entre los 10 países más cálidos y los 10 países más fríos llegando a la conclusión de que tanto la IA como la mortalidad disminuían en los países más cálidos, si bien es cierto que se trata de los primeros estudios realizados sobre este tema¹⁵. En España, un estudio arrojó un resultado de correlación negativa entre temperatura media y la incidencia de COVID 19 entre las provincias costeras y las de interior. A menor temperatura media, mayor IA en los primeros periodos que fueron estudiados¹⁶.

Es interesante conocer cómo ha evolucionado esa posible relación entre los factores meteorológicos y la IA, ya que conseguir explicar parte de la variabilidad asociada a la transmisibilidad de la COVID 19 puede ayudar a predecir futuras olas de la pandemia y ayudar a nuestros decisores políticos a gestionarlas de la mejor manera posible. La temperatura parece tener una relación con la capacidad para diseminarse, según la literatura más relevante sobre el tema.

Por ello, la hipótesis de esta investigación es que existió una relación entre la IA de COVID 19 y la variable meteorológica temperatura a lo largo de las semanas epidemiológicas comprendidas entre el 1 de marzo de 2020 y el 31 de diciembre de 2021 a nivel provincial en España. Nuestros objetivos fueron: obtener las IA semanales, temperatura máxima y mínima de todas las provincias españolas y ver su evolución en el tiempo; estudiar su asociación mediante un modelo de análisis estadístico, y comparar los resultados con los de otros estudios similares para intentar extraer conclusiones útiles sobre el tema.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha realizado un estudio ecológico espacio-temporal para analizar la relación entre factores meteorológicos como la temperatura semanal a escala provincial en España entre el 01/03/2020 y el 31/12/2021.

Fuentes de datos:

Casos de COVID 19:

Los datos de casos de COVID 19 declarados en cada provincia han sido obtenidos de la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica (RENAVE) a través de la plataforma vía web del Sistema de Vigilancia de España (SiViES) que gestiona el CNE. Hasta el 10 de mayo del 2020, se incluyen casos diagnosticados por una prueba diagnóstica positiva de infección activa, así como todos aquellos casos hospitalizados, ingresados en las Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) y defunciones; a partir del 11 de mayo se incluyen casos confirmados por PCR, o por pruebas de antígeno. La fecha utilizada para cada caso es la de inicio de síntomas o, en su defecto, la fecha diagnóstica menos 6 días (desde el inicio de la pandemia hasta el 10 de mayo del 2020) o menos 3 días (a partir del 11 de mayo); casos asintomáticos se utiliza la fecha de diagnóstico.

Datos meteorológicos:

Los datos de temperatura fueron obtenidos de la Agencia Española de Meteorología (AEMET). Se obtuvieron datos de las estaciones meteorológicas de las 52 provincias de temperatura máxima y mínima para cada día desde el 01/03/2020 hasta el 31/12/2021. Se excluyeron aquellas estaciones que no habían recogido todos los datos.

Población:

Los datos de población fueron obtenidos de la revisión del padrón municipal a través del Instituto Nacional de Estadística (INE) a enero del 2021.

Análisis:**Cálculo de la IA semanal:**

Se ha realizado el cálculo de la IA semanal para cada provincia. La IA resulta de la suma de todos los casos nuevos confirmados de COVID 19 durante los 7 días previos dividida entre la población de donde provienen los casos. Se ha expresado en casos por 100 habitantes. Se han utilizado como referencia temporal las semanas epidemiológicas a partir del 1 de marzo de 2020 hasta el 31 de diciembre del 2021.

De cara al análisis estadístico, hubo que tener en cuenta que la posible influencia de la temperatura sobre la IA semanal se vería retardada con una o dos semanas de retardo temporal, por lo que fueron creadas dos variables extra, una de IA con una semana de retardo y dos semanas de retardo para utilizarlas en el análisis espacio-temporal.

Cálculo de la temperatura:

Se calculó la media semanal de temperatura máxima y mínima para cada provincia. En aquellas en que se obtuvieron datos de varias estaciones meteorológicas, se calcularon las temperaturas máximas y mínimas medias entre todas ellas.

Análisis estadístico:

Se estudió la correlación entre las dos variables cuantitativas temperatura máxima y temperatura mínima mediante el análisis de correlación de Pearson.

Se utilizó para el análisis estadístico un modelo lineal generalizado de efectos mixtos. Utilizar este modelo permitió relacionar de forma lineal una variable dependiente con distribución no normal (IA semanal) con sus covariables (temperatura máxima y temperatura mínima) en el tiempo y en el espacio. El tiempo expresado en semanas epidemiológicas y la temperatura máxima y mínima fueron los efectos fijos para el modelo, mientras que el espacio expresado como provincias fue tenido en cuenta como efecto aleatorio. El nivel de significancia estadística aceptado fue de un p valor < 0.05. Fue utilizado el software estadístico STATA.

Se cartografió la evolución de la IA a nivel provincial para algunas semanas epidemiológicas de periodos tanto "pico" como "valle" de distintas olas pandémicas. Los resultados fueron expresados en forma de mapas de coroplemas. Para ello fue utilizado el sistema de información geográfica QGIS.

Por último, se observó la evolución temporal de la IA en España en comparación con la temperatura máxima y temperatura mínima a lo largo de las semanas epidemiológicas a estudio mediante gráficos temporales con dos ejes verticales de distinta magnitud para la temperatura.

RESULTADOS

Durante el periodo estudiado hubo un total de 6.736.143 de casos de COVID 19 en España. La provincia que sumó un mayor número de casos totales fue Madrid, con 1.184.205 casos. La temperatura máxima media de España en el periodo de estudio fue de 22,2°C, y la temperatura mínima media fue de 10,2°C. La IA semanal media en España fue de 151 casos por cada 100.000 habitantes durante el periodo de estudio.

En el test de correlación de Pearson utilizado para el análisis de la correlación entre variables cuantitativas, se observó que la temperatura máxima y mínima empleadas en el modelo tenían una correlación del 87% (tabla 1). Por ello se analizaron las variables por separ

Tabla 1.
Correlación entre temperatura máxima y temperatura mínima
(test de Pearson).

Variables	Correlación	P>[z]
	<i>Temperatura mínima</i>	
Temperatura Máxima	0.8703	0.000

En el modelo estadístico realizado, se observó una correlación negativa entre la temperatura máxima y la IA, tanto con retardo de una semana como con retardo de dos semanas (tabla 2).

Tabla 2.
Efecto de la temperatura máxima y mínima sobre la IA con retardo semanal.

Variables	Coefficiente	P>[z]	[IC 95%]
Temperatura Máxima	0.941	0.000	0.9406 - 0.9413
Temperatura Mínima	0.921	0.000	0.9213 - 0.922

Al aumentar la temperatura máxima en 1oC la IA con un retardo semanal descendía un 5,9%. En el caso de la IA con retardo de 2 semanas, al aumentar 1oC la IA descendía en un 6,2%. También se observó una correlación negativa entre la temperatura mínima (tabla 3). Al aumentar la temperatura mínima en 1oC la IA con retardo de una semana disminuía un 7,8%, mientras que ese mismo aumento de temperatura mínima produjo una disminución del 8,4% en la IA con retardo de dos semanas. Todos los resultados fueron estadísticamente significativos.

Tabla 3.
Efecto de la temperatura máxima y mínima sobre la IA con retardo de 2 semanas.

Variables	Coefficiente	P>[z]	[IC 95%]
Temperatura Máxima	0.938	0.000	0.9381 - 0.9388
Temperatura Mínima	0.916	0.000	0.915 - 0.917

En las tablas 4 y 5 se exponen los resultados de la variabilidad espacial. Se pudo observar que los resultados en cuanto a variabilidad aportada por la variable provincia también resultaron estadísticamente significativos.

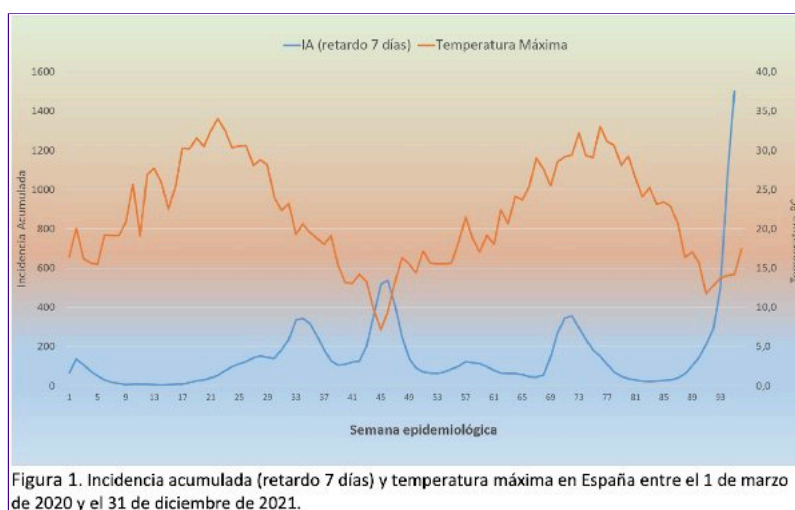
Tabla 4.
Efecto de la variable Provincia en la IA retardo semanal e IA retardo 2 semanas (temperatura máxima).

Variables	Coefficiente	P>[z]	[IC 95%]
IA retardo una semana Provincia	0.956	0.000	0.936 - 0.97
IA retardo dos semanas Provincia	0.955	0.000	0.935 - 0.969

Tabla 5.
Efecto de la variable Provincia en la IA retardo semanal e IA retardo 2 semanas (temperatura mínima).

Variables	Coefficiente	P>[z]	[IC 95%]
IA retardo una semana Provincia	0.945	0.000	0.921 - 0.962
IA retardo dos semanas Provincia	0.939	0.000	0.911 - 0.958

Las figuras 1 y 2 muestran la tendencia de la IA semanal en España en relación a la temperatura máxima con un retardo de una y dos semanas. Se apreciaron con claridad las diferentes olas de la pandemia en España en las cuales la IA semanal aumentó en gran medida. En forma general, se pudo apreciar una asociación entre el aumento de la temperatura y unas cifras de IA semanal menores a lo largo del periodo estudiado.



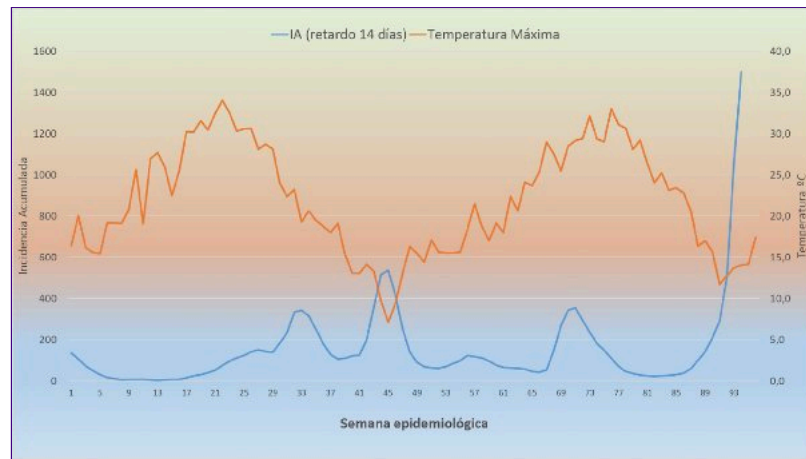


Figura 2. Incidencia acumulada (retardo 14 días) y temperatura máxima en España entre el 1 de marzo de 2020 y el 31 de diciembre de 2021.

Se pudo observar que tres de las olas de COVID 19 (y por tanto de niveles más altos de IA) se dieron en las semanas en que la temperatura máxima fue menor. Lo mismo ocurrió en la comparación entre IA semanal y la temperatura mínima (figuras 3 y 4).

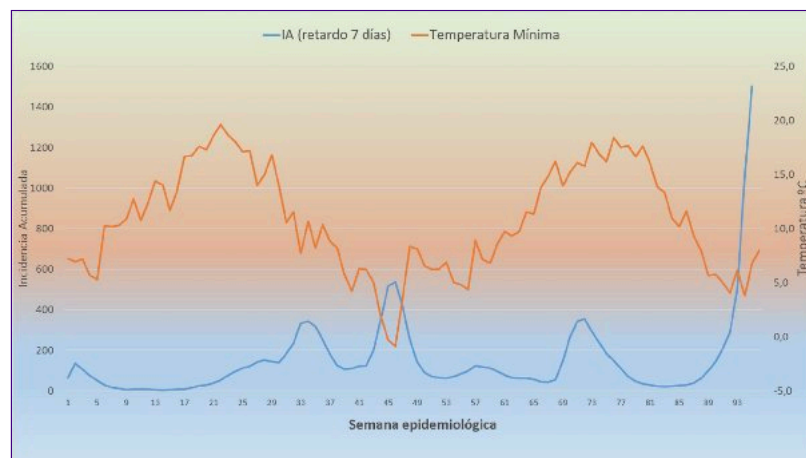


Figura 3. Incidencia acumulada (retardo 7 días) y temperatura mínima en España entre el 1 de marzo de 2020 y el 31 de diciembre de 2021.

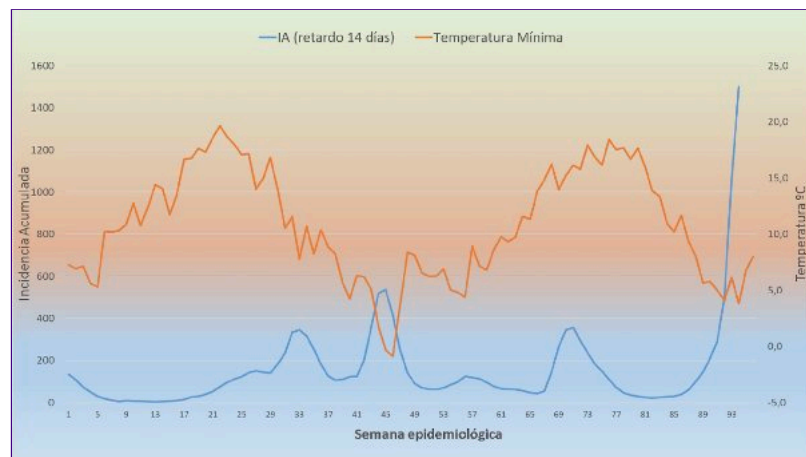


Figura 4. Incidencia acumulada (retardo 14 días) y temperatura mínima en España entre el 1 de marzo de 2020 y el 31 de diciembre de 2021.

En las figuras 5 y 6, se puede observar la IA semanal que se dio en las diferentes provincias españolas en algunas semanas epidemiológicas que representan periodos de IA "valle" y de algunas de las olas de la pandemia en España. En la semana 2, se observó que los mayores datos de incidencia se obtuvieron en las provincias en que se detectaron los primeros brotes en España (Álava y Rioja). Se pudo observar que en varias de las semanas hubo mayor IA semanal en las provincias consideradas de interior en relación con las provincias costeras. Hay provincias como Madrid, Burgos o las pertenecientes al País Vasco que en todas las semanas estuvieron entre las que más IA semanal presentaron.

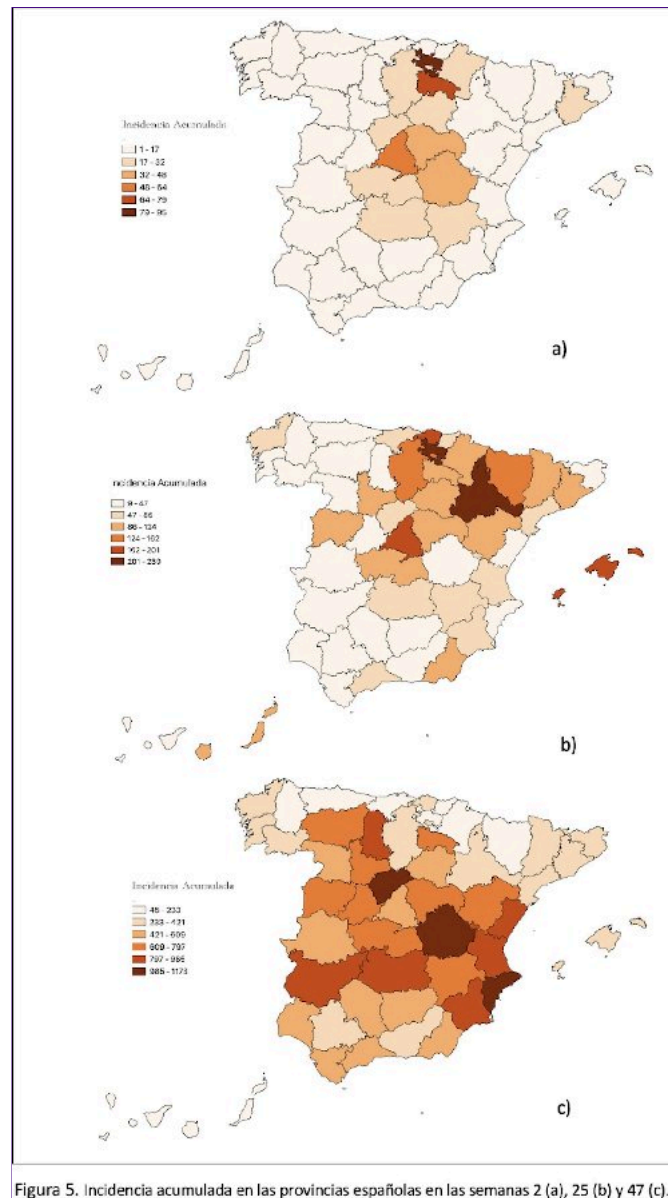


Figura 5. Incidencia acumulada en las provincias españolas en las semanas 2 (a), 25 (b) y 47 (c).

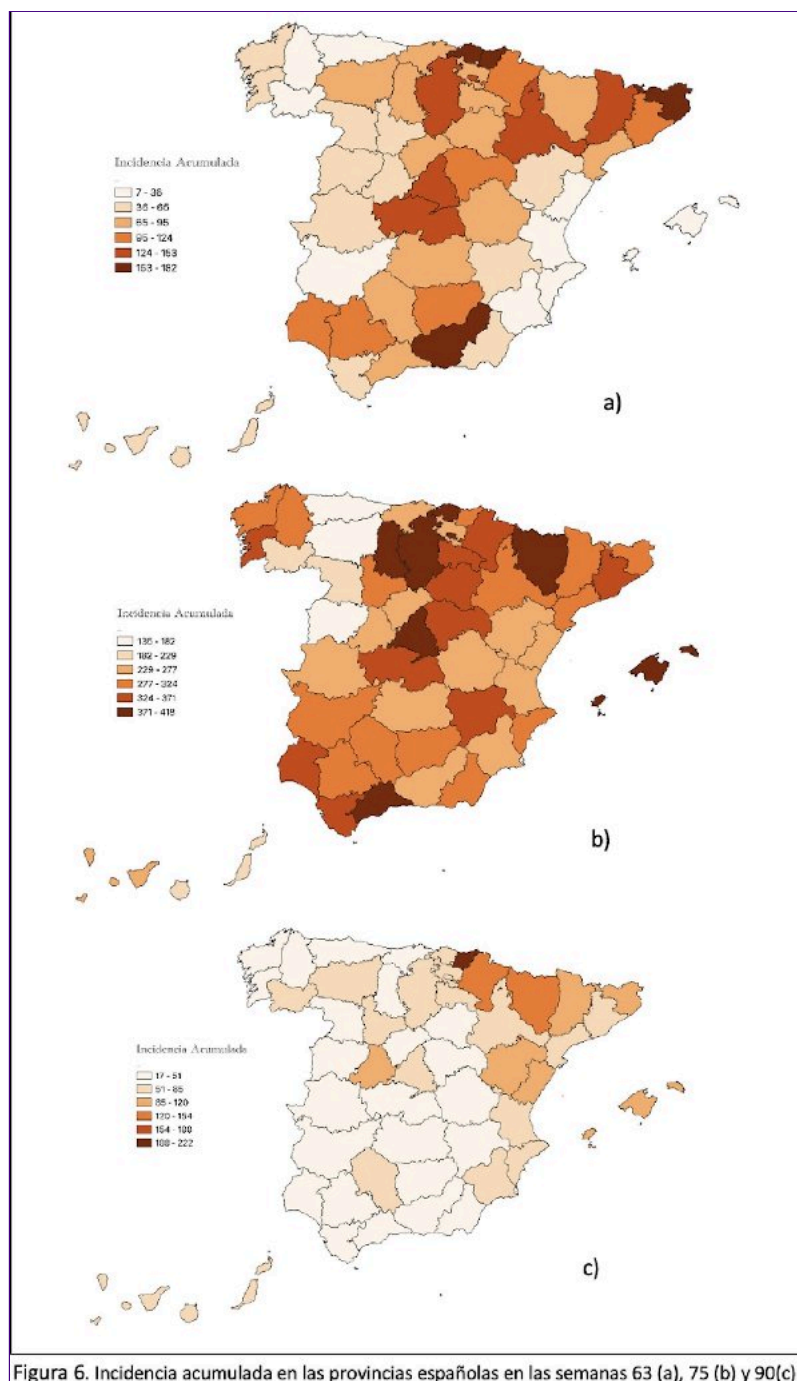


Figura 6. Incidencia acumulada en las provincias españolas en las semanas 63 (a), 75 (b) y 90(c).

DISCUSIÓN

La IA semanal en España se pudo ver influenciada por las variaciones en las temperaturas máximas y mínimas entre el 1 de marzo 2020 y el 31 de diciembre del 2021. En nuestro estudio se ha encontrado una asociación negativa entre temperatura e IA semanal COVID 19.

En España coexisten diferentes tipos de clima. Predomina el clima mediterráneo que ocupa gran parte de la geografía española y, fundamentalmente, toda la costa mediterránea. Por otro lado, está el clima oceánico que es más propio de la zona norte del país, e seco de algunas zonas del interior, el clima de montaña e incluso cierto clima subtropical en el archipiélago canario.

La evolución de la pandemia en España con respecto a la de otros países ha sido similar en lo que a la transmisión de la enfermedad refiere. En países del hemisferio norte, la transmisión no se detuvo en el verano de 2020 a pesar de la posible relación negativa en temperatura e IA¹⁷, lo que puede indicar que haya habido factores importantes que no han sido tenidos en cuenta en los análisis realizados a la hora de buscar una asociación, así como pone de manifiesto la importancia de las medidas de salud pública tomadas por las autoridades para mitigar las diferentes olas de la pandemia.

Un aspecto muy relevante es el del comportamiento humano en función de la temperatura. Mientras que lugares con temperaturas cálidas pueden conllevar a una mayor actividad en espacios exteriores por parte de la población y por tanto un menor riesgo de transmisión de la COVID 19, temperaturas más bajas pueden provocar el efecto contrario, es decir, que la población tienda a rela

en espacios interiores sin ventilación adecuada, lo que supone un ambiente de mayor transmisibilidad de la enfermedad. Este hecho influye en los resultados obtenidos en el estudio.

Por otro lado, otras enfermedades producidas por virus respiratorios como la gripe o el resfriado común han sido estudiadas de manera similar en cuanto a su estacionalidad y su relación con variables meteorológicas. La temperatura siempre ha sido considerada con las principales responsables de dicha característica¹⁸. Es complicado aventurar que el SARS-CoV-2 vaya a presentar un comportamiento igual que otros virus respiratorios en cuanto a estacionalidad, puesto que en otras características como la virulencia o la transmisibilidad en las personas asintomáticas difiere con respecto a otros coronavirus como los responsables del resfriado común, o con respecto a virus más parecidos a él como el SARS-CoV o el MERS-CoV¹⁹.

En nuestro estudio, se encontraron correlaciones negativas entre las temperaturas máximas y mínimas por separado con la IA semanal. La correlación era mayor si teníamos en cuenta un retardo de dos semanas para dicha incidencia. Se produjo una reducción aproximada del 5% de la IA semanal al disminuir 1°C la temperatura máxima y de un 8% al disminuir 1°C la temperatura mínima. Hay evidencia con resultados similares como uno en el que se obtuvo una reducción del 4,9% por cada 1°C de disminución cuando la temperatura menor de 25,8°C, aunque no encontraron esa asociación cuando ésta era mayor, teniendo en cuenta que solo analizaban un mes de observación²⁰. En otro estudio, que analizó la estacionalidad de la COVID 19, se observó que en los climas más fríos la transmisión y la mortalidad de la enfermedad fueron mayores²¹. Un estudio no encontró asociación entre las variaciones en la temperatura y el acumulado de casos en un análisis provincial en España realizado entre el 25 de febrero y el 28 de marzo del 2020²². En él se tuvo en cuenta, a la hora de hacer el análisis, factores no meteorológicos tales como la densidad de población o la edad a fin de eliminar la influencia que estos factores pudieran estar teniendo en los resultados. Otro estudio realizado en China tampoco encontró relación entre temperatura y la IA²³, aunque pudo ser debido a que el periodo de observación fue corto y no una serie temporal en la que se pudiera observar la estacionalidad de los datos y su asociación.

Un aspecto no tenido en cuenta en nuestro estudio, que pudo influir en la relación entre la temperatura y la IA semanal, fue la altitud. Es esperable que la temperatura y la altitud tengan una relación inversa, por lo que a priori en lugares con una mayor altitud y, por tanto, menor temperatura máxima y mínima hubiera habido una IA semanal mayor, pero los resultados obtenidos en algunos estudios²⁴, en la dirección contraria. La menor densidad de las poblaciones normalmente situadas a mayor altitud pudo influir a su vez en los resultados de estos estudios.

Nuestro estudio presenta algunas limitaciones. Entre ellas, las propias de un estudio ecológico. No es posible inferir causalidad entre los resultados obtenidos. Tampoco es posible hacer asunciones acerca del riesgo de contagio a nivel individual dado el carácter poblacional del análisis (falacia ecológica). Además, es difícil que se puedan extrapolar los resultados a otras poblaciones con otras características. A la hora de hacer el análisis, no se tuvieron en cuenta factores que pudieron afectar a los datos de IA tales como el número de test realizados, estado de vacunación, edad, densidad de población y las diferencias entre las medidas restrictivas que se tomaron en unas CCAA y otras, puesto que una vez terminado el Estado de Alarma cada una de ellas tuvo las competencias en materia de restricciones a la movilidad y medidas sanitarias para plantear aquellas que consideraron necesarias para controlar la enfermedad. Tampoco se emplearon para el análisis otras variables que han sido muy estudiadas en relación con la IA como la humedad relativa o las precipitaciones. Debido a ello, en el futuro será necesario continuar trabajando en esta línea teniendo en cuenta más variables que sean necesarias para llevar a cabo estudios en mayor profundidad.

CONCLUSIONES

Una mayor comprensión de la COVID 19 podría facilitar la actuación de las autoridades sanitarias y esto permitir que las futuras olas de la pandemia llegasen antes, con las importantes implicaciones que esto podría tener en cuanto al impacto de la enfermedad. A lo largo de estos dos años, se ha podido comprobar que una vez la transmisión de la COVID 19 es comunitaria es muy difícil o incluso imposible frenar los contagios sin tomar medidas restrictivas muy importantes (como el cese de toda actividad no esencial). Por lo tanto, uno de los objetivos más importantes es controlar la transmisión.

La hipótesis del trabajo pudo ser comprobada y se demostró que en las provincias en las que las temperaturas máximas y mínimas fueron mayores, hubo una menor IA semanal entre el 1 de marzo de 2020 y el 31 de diciembre de 2021.

Dadas las características del trabajo es complicado sacar conclusiones de dichos resultados. Pese a que parece existir una correlación negativa entre temperatura e IA, es complicado saber si esa relación se mantendría independientemente de ajustar el modelo por otras variables no tenidas en cuenta como pueden ser la edad, el número de test realizados o teniendo en cuenta las diferentes medidas tomadas entre unas provincias y otras.

Debido a todo ello, es necesario continuar investigando acerca de las causas que pueden llevar a que exista una mayor o menor transmisión de la COVID 19 y entre ellas la temperatura, puesto que una posible temporalidad de la enfermedad ayudaría a caracterizarla mucho mejor y a poder elaborar respuestas tempranas más eficaces para su control en el futuro.

REFERENCIAS

1. World Health Organization. Novel Coronavirus (2019-nCoV) situation report - 1, 2020. [Consultado 11 Mayo 2021]. Disponible en: <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200121-sitrep-1-2019-ncov.pdf?sfvrsn=20a99>
2. Hui D, I Azhar E, Madani T, Ntoumi F, Kock R, Dar O et al. The continuing 2019-nCoV epidemic threat of novel coronavirus to global health - The latest 2019 novel coronavirus outbreak in Wuhan, China. *Int J Infect Dis* 2020; 91: 264-266.

3. World Health Organization. Novel Coronavirus (2019-nCoV) Situation report - 2, 2020. [Consultado 11 Mayo 2021]. Disponible en: <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200122-sitrep-2-2019-ncov.pdf?sfvrsn=4d5bc>
4. European Centre for Disease Prevention and Control. Novel coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic: increased transmission in the EU/EEA and the UK - sixth update, 2020. [Consultado 18 Mayo 2021]. Disponible en: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/rapid-risk-assessment-novel-coronavirus-disease-2019-covid-19-pandemic-increased>.
5. Centro Nacional de Epidemiología. Informe nº 9 sobre la situación de COVID 19 en España. 2020.
6. Centro Nacional de Epidemiología. Informe nº 117 sobre la situación de COVID 19 en España. 2022.
7. Borak J. Airborne Transmission of COVID-19. *Occupational Medicine* 2020; 70(5): 297-299.
8. Zou L, Ruan F, Huang M, Liang L, Huang H, Hong Z, Yu J, Kang M, Song Y, Xia J, Guo Q, Song T, He J, Yen H, Peiris J. SARS-CoV-2 Viral Load in Upper Respiratory Specimens of Infected Patients. *N Engl J Med* 2020; 382(12): 1177-1179.
9. Centro Nacional de Epidemiología. Informe nº 119 sobre la situación de COVID 19 en España. 2022
10. Pollán M, Pérez-Gómez B, Pastor-Barriuso R, Oteo J, Hernán M, Pérez-Olmeda M et al. A Population-Based Seroepidemiological Study of SARS-CoV-2 in Spain (ENE-COVID). *SSRN Electronic Journal* 2020.
11. Grupo de Trabajo de Efectividad Vacunación COVID-19. Análisis de la efectividad de la vacunación frente a COVID-19 España. 2021. [Consultado 15 noviembre 2021]. Disponible en: https://www.sanidad.gob.es/profesionales/saludPublica/prevPromocion/vacunaciones/covid19/docs/Efectividad_Vacunacion_19_Espana.pdf
12. Khanna R, Cicinelli M, Gilbert S, Honavar S, Murthy G. COVID-19 pandemic: Lessons learned and future directions. *Int Ophthalmol* 2020; 68(5): 703.
13. Zheng H, Guo Z, Wang M, Yang C, An S, Wu W. Effects of climate variables on the transmission of COVID-19: a systematic review of 62 ecological studies. *Environ Sci Pollut Res* 2021; 28(39): 54299-54316.
14. Damette O, Mathonnat C, Goutte S. Meteorological factors against COVID-19 and the role of human mobility. *Plos one* 16(6): 0252405.
15. Meo S, Abukhalaf A, Alomar A, Al-Beeshi I, Alhowikan A, Shafi K et al. Climate and COVID-19 pandemic: effect of humidity on the incidence and mortality in world's top ten hottest and top ten coldest countries. *Eur Rev Med Pharmacol Sc* 8232-8238.
16. Valero C, Barba R, Marcos D, Puente N, Riancho J, Santurtún A. Influencia de los factores meteorológicos en la incidencia COVID-19 en España. *Medicina Clínica* 2021;159 (6).
17. Paraskevis D, Kostaki E, Alygizakis N, Thomaidis N, Cartalis C, Tsiodras S, Dimopoulos M. A review of the impact of climate and climate variables to COVID-19: In the absence of public health measures high temperatures cannot probably mitigate or delay the spread of COVID-19. *Sci Total Environ* 2021; 768: 144578.
18. Moriyama M, Hugentobler W, Iwasaki A. Seasonality of Respiratory Viral Infections. *Annu Rev Virol* 2020; 7(1): 83-100.
19. Telenti A, Arvin A, Corey L, Corti D, Diamond M, García-Sastre A et al. After the pandemic: perspectives on the future trajectory of COVID-19. *Nature* 2021; 596(7873).
20. Prata D, Rodrigues W, Bermejo P. Temperature significantly changes COVID-19 transmission in (sub)tropical cities of Brazil. *Sci Total Environ* 2020; 729: 138862.
21. Liu X, Huang J, Li C, Zhao Y, Wang D, Huang Z, Yang K. The role of seasonality in the spread of COVID-19 pandemic. *Environ Res* 2021; 195: 110874.
22. Briz-Redón Á, Serrano-Aroca Á. A spatio-temporal analysis for exploring the effect of temperature on COVID-19 early evolution in Spain. *Sci Total Environ* 2020; 728.
23. Yao Y, Pan J, Liu Z, Meng X, Wang W, Kan H, Wang W. No association of COVID-19 transmission with temperature or radiation in Chinese cities. *Eur Respir J* 2020; 55(5): 2000517.
24. Pun M, Turner R, Strapazzon G, Brugger H, Swenson E. Lower Incidence of COVID-19 at High Altitude: Facts and Confounders. *High Alt Med Biol* 2020; 21(3): 217-222.
25. Segovia-Juarez J, Castagnetto J, Gonzales G. High altitude reduces infection rate of COVID-19 but not case-fatality rate. *Physiol neurobiol* 2020; 281: 103494.

CONFLICTOS DE INTERÉS:

No hubo fuentes financieras que apoyaran la investigación.

CORRESPONDENCIA:

Fernando Miramón Pérez-Moliner
Servicio de Medicina Preventiva y Salud Pública
Hospital Universitario de Burgos
Avda. de las Islas Baleares, 3
09006, Burgos. ESPAÑA
Mail: fmiramon@saludcastillayleon.es

Comentario de la revisora Dra. M^a del Carmen Pacheco Martínez. Jefe de Servicio de Epidemiología. Dirección General de Salud Pública. Consejería de Sanidad de la Junta de Castilla y León, Valladolid, España.

Para analizar si existió una relación entre la incidencia acumulada de COVID-19 y la variable meteorológica temperatura a lo largo de las semanas epidemiológicas comprendidas entre el 1 de marzo de 2020 y el 31 de diciembre de 2021 a nivel provincial en España. se utilizaron los datos de IA semanales, temperatura máxima y mínima de todas las provincias españolas, analizando su evolución en el tiempo y estudiando su asociación mediante un modelo de análisis estadístico y comparando los resultados con los de otros estudios similares. Se intentó extraer conclusiones que ayuden a definir los patrones de transmisión de la enfermedad y, en último término, apoyar la planificación de la estacionalidad de la COVID-19, lo que facilita la implementación de medidas preventivas.

El periodo analizado, entre el 1 de marzo de 2020 hasta el 31 de diciembre del 2021, abarcando un total de seis ondas epidémicas, se realizó la comparación de ondas producidas en diferentes estaciones y con diferentes características en cuanto a medidas no farmacológicas adoptadas (mascarilla, distancia social, control de aforos...) o medidas preventivas como la vacunación, medida que se inició a finales del año 2021.

Los resultados del estudio son coherentes con los encontrados en otros estudios. La principal aplicación del estudio podría ser en la elaboración de las políticas de salud pública de forma que ayudaría a evidenciar la implementación de medidas preventivas antes de la llegada de la temporada de frío. Igualmente, conocer en profundidad las variables que influyen en la incidencia y transmisión de la enfermedad permitiría realizar el seguimiento y la evaluación del riesgo en cada territorio en las distintas etapas de evolución de las epidemias mediante la definición de indicadores, el establecimiento de distintos escenarios según el nivel de transmisibilidad de los virus respiratorios así como las recomendaciones más adecuadas a cada nivel de transmisibilidad pudiendo adaptarse a la situación y el contexto de cada territorio.

Comentario de la revisora Dra. Belén Berradre Sáenz. Médico especialista Medicina Preventiva y Salud Pública. Dirección General de Salud Pública, Consumo y Cuidados. Servicio de Epidemiología y Prevención sanitaria. La Rioja. España.

En el presente artículo se muestra una asociación negativa entre la temperatura ambiental y la incidencia acumulada de COVID-19 en las provincias españolas, durante un periodo de la pandemia.

La búsqueda de un patrón estacional en el comportamiento del SARS-CoV-2 ha sido y sigue siendo objeto de investigación, debido a las implicaciones tanto sanitarias como económicas que puede llevar implícitas, como ya se ha determinado en otras enfermedades transmisibles como la gripe o el virus respiratorio sincitial.

Si bien no se puede inferir causalidad directa, ya que hay otros factores que pueden interferir en los resultados, tal y como se expresa en el estudio, continuar en esta línea de trabajo y ampliar la serie temporal puede ayudar a establecer líneas de actuación tanto en el ámbito asistencial como de Salud Pública. Un mayor conocimiento de la estacionalidad de la COVID-19 ayudaría a la planificación de la vacunación en cada temporada, y a una mejor asignación de recursos materiales y humanos en la asistencia sanitaria tanto en Atención Primaria como en Especializada.
